PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11289296 A

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. CI

H04B 10/02

G02F 1/11

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21) Application number: 10090383

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(22) Date of filing: 02.04.98

(72) Inventor:

ONAKA HIROSHI MIYATA HIDEYUKI **OTSUKA KAZUE KAI TAKETAKA NAKAZAWA TADAO CHIKAMA TERUMI**

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT, **OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND OPTICAL TERMINAL STATION**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

SOLUTION: In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOFT 10 only for drop while considering the incremerat of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is

extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

3 四公開特許公報

11) 特許田顧公開番号 175/5/71

特開平11-289296

【酢水項1】WDM通信システムにおいて、任意の被畏 の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であ

[特許額水の範囲]

分岐・挿入すべき光佰号のうち、一部の光信号について

の分岐・抑入動作を行う第1の可変故長選択フィルタ

(43)公開日 平成11年(1999)10月19日

9/00 U 1/11 9/00 J E E		高士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 号 尾中 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士道株式会社内 育田 英之 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 日 富士道株式会社内	及終頁に統く
F I H 0 4 B G 0 2 F H 0 4 B	(71) 出版人 000005223	(72) 発明者(72) 発明者(72) 発明者(74) 代理人	
職別記号 10/02 1/11 10/17 16/16 4/00 株本町中 町中市の約 13	中山上 And	平成10年(1998)4月2日	
(51) Int. C1. • H 0 4 B G 0 2 F H 0 4 B H 0 4 J	(21) 出版番号	(22) 出版 自	

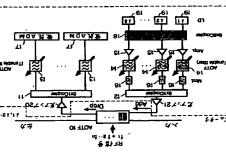
[54] 【発明の名称】光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(67) [聚粒]

ーマンスの良い光波収多瓜ネットワーク及びそのための 【瞑图】AOTFを使用した情質性、及びコストパフォ 英国を提供する。

加するRF信号の周波数を変えることによって、任意の プ光信号は光カプラで分岐し、彼長をトリピュータリ周 で選択するようにし、トリビュータリ局で選択された故 【解決手段】OADMシステムにおいて、OADM装置 を構成する際、AOTF10を使用する。AOTFは印 牧長を避択することができる。入力がら入ってきた故長 多瓜光信号の中から特定の故長の光信号をドロップした り、アドポートから入力された改長多爪信号をスルー光 **胃导と合彼することができる。ただし、コヒーレントク** ロストークが大きくなることを考えて、奥酔の装置構成 においては、AOTFをドロップ専用に使用することが **鬼実的である。あるいは、他の方法においては、ドロッ 長をAOTFでスルー光信号から抽出するようにする。**

AOTF LEWE DADM数 医心格本的原图者尽力区



に調整するように構成されたことを特徴とする酢水項5 【酢水項6】前配第1の可変改長選択フィルタの分岐光 を出力するポートと、前配第2の可変被長選択フィルタ ッテネータを持ち、これにより前配第1の可変被長避択 フィルタの分岐光信号のパワーを前配第2の可変被長避 **Rフィルタの分岐光信号のパワーとほぼ同一になるよう** の分岐光信号とを合波するための合波器の間に可変光ア に配載の光伝送装置。

49

で分岐された光倡号を合波する前配合波器の出力ポート に光スペクトルモニタを接続して、分岐された光信号の 有無・故長・パワーを監視することを特徴とする間水項 【酢水項7】 前配第1及び第2の可変被長避択フィルタ 5に記載の光伝送装置。

ることによって生じる偏波分散を打ち消す手段を備える 及び第2の可変被長選択フィルタ内部を光信号が伝播す 【簡求項8】前配第1及び第2の可変被長週択フィルタ の分岐されない光信号を出力する透過ポートに前配第1

特国平11-289296

3

ことを特徴とする開水項1に配載の光伝送装置。

の可要被長週択フィルタで分岐されない透過光信号のパ ワーを陶監することを特徴とする間水項2に配載の光伝 【間水項9】 前配第1及び第2の可変改長過択フィルタ に入力する光信号のそれぞれの彼段に対応するRF信号 の印加パワーを閲覧することにより、前配第1及び第2 送按照。

器と出力伝送路の間とに光焰幅器を備え、伝送路の損失 ィルタの間と、梅入すべき光信号を合波する前配光合波 と前配光伝送装置の損失を補償することを特徴とする前 【開水項10】入力伝送路と前配第1の可変波長選択プ **水項4に配載の光伝送装囮。** 2

第2の可変被長週択フィルタとの少なくとも2つの可変

彼長選択フィルタを備え、

分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入助作を行う

前配第1の可変被長選択フィルタで選択されなかった、

光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする光

複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・椰入すべき

【請求項2】前配第1及び第2の可変被長選択フィルタ くは版AOTFを複数段カスケード接続したものである

【開水項11】入力伝送路と前配第1の可変被長選択フ イルタの間の光増幅器を、第1の光増幅器と分散補償器 と第2の光増幅器とから構成し、分散補償器では伝送路 によって光信号が受けた分散を補償し、この分散補償器 の損失を第2の光増幅器で補償することを特徴とする前 **水瓜10に記載の光伝送装置。**

【開水項12】 前配第1または第2の光増幅器の入力部 あるいは出力部にカプラを備え、酸カプラによって分岐 **改長・パワーを監視することを特徴とする間水項10又** された分岐光をモニタすることにより、光信号の有無 は11に記載の光伝送装置。 20

> る彼長と前配第2の可変被長避択フィルタで処理する故 長が分岐・挿入されるべき光信号の波長を短波長仰から

【間水項3】前配第1の可変波長週択フィルタで処理す

ことを特徴とする間水項1に配破の光伝送装置。

る故長であることを特徴とする開水項1に配敏の光伝送

【開水項4】 前配第1及び第2の可変被長選択フィルタ では分岐の機能だけを持ち、 揮入すべき光倡号を第1及

番号を付けたときの奇数番目と偶数番目の波長に対応す

に分散器を持ち、取分波器により伝送されてきた光信号 の一部を分岐して、分岐された光倡号を受信する端局に 段のノードに伝送すべき光信号をスルー光信号として透 過ポートに出力し、次段のノードに伝送すべきでない信 【酢水項13】 前配第1の可変被長型択フィルタの前段 送信し、前配第1及び第2の可変被長週択フィルタは次 号を分岐光信号として避択ポートに出力することを特徴

び第2の可変被長選択フィルタを透過した透過光信号に

光合波器を用いて合波させることを特徴とする前求項1

に配載の光伝送装置。

ಜ

【静水項5】前配第1の可変被長避択フィルタで分岐さ **れた光信号と、前記第2の可変被長避択フィルタで分岐** された光信号とを合波する合波器を備えることを特徴と

する群水項4に配載の光伝送装置。

及び第2の可変被長選択フィルタに接続し、他の一方の ポートが予備の第1及び第2の可変被長避択フィルタに ルタに障害が生じた時にも抜1×2光スイッチを切り替 【醋水項14】 前配第1の可変被吸避択フィルタの前段 ×2光スイッチのポートの一方が通常使用する値配符1 えて予備の第1及び第2の可変波長選択フィルタを使用 して伝送を行うことを特徴とする朝水項4に記載の光伝 と前記光合波器の後段に1×2光スイッチを備え、眩1 接続し、通常使用する第1及び第2の可変被長退択フィ とする酢水項4に配破の光伝送装置。

伝送路に障害が生じたときにも散1×2光スイッチを切 【開水項15】 加配第1の可変被長週択フィルタの前段 の一方のポートが予備の伝送路に接続し、通常使用する り替えることにより予備の伝送路を使用して伝送を行う と前配光合波器の後段に1×2光スイッチを備え、スイ ッチのポートの一方が通常使用する伝送路に接続し、

【朝水項16】 挿入されるべき光信号が伝送されて来て 50 いない場合にも、前配第1及び第2の可変被長週択フィ ことを特徴とする額求項4に配破の光伝送装置。

ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作 を行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の光

【請求項17】WDM光通信システムにおいて、分岐及 び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分 岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装 **置に伝送する光端局であって、**

き光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備 所定の被長の光倡号を、所望の数だけ合故し、挿入すべ えることを特徴とする光端局。

え、伝送路の分散を最適に補償することを特徴とする詩 【請求項18】前記光合波器の後段に分散補償器を備 **水項17に記載の光端局。** 【請求項19】 伝送に用いるすべての倡号波長に対応す る複数の光源を備え、駭複数の光源の出力光を合波する

該合波器による損失を補償する光増幅器と、

伝送に用いる最大の信号被長数を最大とする所望の数ま で光を分散する分散器と

核分波器により分波されたそれぞれの光について、所定 の光波長を選択する光可変フィルタと、

眩選択された光に変調信号を印加することで任意数任意 故長の光倡号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光 **皆号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする** 請求項17に記載の光端局。

装置に伝送する光端局とからなる光伝送システムにおい 30 【静水頃20】伝送路から伝送されてきた波長多重光信 号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長 の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分 岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を眩光伝送

散光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅す る光増幅器と、

前記光端局は所定の光波長の信号を選択して受信するこ **該光信号を所望の数までパワー分岐する光分波器と、 | な光分波器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、**

フィルタとし、前記光端局で任意の波長の光信号を選択 【静求項21】 前記分波器の出力のそれぞれに備える光 フィルタを、選択波長を可変とすることのできる可変光 とを特徴とする光伝送システム。

して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝 【請求項22】分波器の出力に備える可変光フィルタと

して、1個のAOTF、もしくは版AOTFを複数段に カスケード接続したものを使用したことを特徴とする請 水項21に記載の光伝送システム。

号を分岐するための故長選択フィルタへの制御信号の印 【請求項23】前記光伝送装置において、伝送路への出 力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無 ・故長・パワーを監視すると同時に、所望の故長の光信

加パワーを調整し、及び、光端局での挿入すべき光信号 を増幅する光増幅器の出力パワーを調整する制御手段を

身パワーを有する放長の光信号のパワーに他の波長の光 前記制御手段は、モニタしている光信号の内の最小の信 信号のパワーを一致させるように制御することによりそ れぞれの光信号の伝送路出力パワーをほぼ一定に保っこ とを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項24】AOTF通過後の光周波数と光パワーを を駆動するRF周波数とRFパワーにフィードバックを かけることで、分岐・挿入される光信号が常に最適な光 逐次モニタする光スペクトルモニタを備え、駭AOTF 故長と光パワーになるように制御を行うことを特徴とす る請求項2に記載の光伝送装置。

【請求項25】 鞍AOTFの動作温度にフィードバック をかける温度制御回路を備え、 核光スペクトルモニタによる核AOTF通過後の光信号 の故長及びパワーを逐次モニタした結果を用いて、該温 度制御回路が眩AOTFを制御して、分岐・挿入される べき光信号が常に最適な光故長と光パワーとすることを 特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。 8

【請求項26】上りと下りの2システム分もしくは複数 の箇所の光スペクトルをモニタするために光スイッチを 使用する構成を持ったことを特徴とする請求項24に記 用いて 1 台の光スペクトルモニタへの入力を切り替えて 載の光伝送装置。

【請求項27】AOTFによって選択された選択光を光 カプラを用いて分岐し、フォトディテクタで光パワーを モニタし、常にフォトディテクタの受光パワーが最大に なるようにAOTFに印加するRF周波数もしくはRF パワーを制御し、光波長、光パワーの変動あるいはAO TFの特性変動に追従可能なように構成されたことを特 徴とする請求項2に配載の光伝送装置。

【請求項28】フォトディテクタで受光する際に光故長 の中心位置を判別するため、あるいは最適RFパワーを 判別するために、RF周波数に低周波重畳をかけること を特徴とする請求項27に記載の光伝送装置。

【請求項29】伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送 路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から 分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき 光信号を送信する端局とからなる光ネットワークにおい

眩端局の受信側の 1 波選択用 A O T F に所定のR F 周波 数を印加し、該1波選択用AOTFが安定化したことを 確認した後に、眩光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに 所定のRF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光 スペクトルモニタで所定の光信号が分岐されたことを確 器した後、眩端局の1 波挿入用AOTFに所定のRF周 つ、光スペクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が **改数を印加し、1 故挿入用AOTFの動作が安定し、且**

所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該 **端局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有すること** を特徴とする光伝送システム。

|請水項30| 魃光伝送装置では、光信号を分岐、挿入 するかしないかに関わらず、スルーさせるとき以外は常 き、眩端局では、1波分岐用AOTFにRF信号を印加 しないことで、伝送路中のASEを削減し、パスなし状 態を作り出すことを特徴とする請求項29に記載の光伝 にAOTFにRF信号を印加して光信号を分岐してお 送システム。

【請求項31】各波長の光信号間にレベル差が発生して いる場合は、眩光伝送装置では、光信号をスルーさせる ときに分岐・挿入用AOTFに印加する各RF信号に微 差を補正することを特徴とする請求項29に配載の光伝 で、分岐された光信号を受信しないことにより、伝送路 や光増幅中継器、光デバイスで生じた各波長間のレベル 弱なパワー差を付けてレベル差分を分岐し、眩端局で は、1故分岐用AOTFはRF信号を印加しないこと

[請求項32] 前記光伝送装置では、光信号を分岐、挿 入するかしないか、及び、被長間レベル差補償するしな いに関わらず、分岐・挿入用AOTFに印加するRF信 号のトータルパワーを一定にするために、RF倡号の印 加が必要ないスルー状態の場合でも、運用中の光信号の 改長帯域から十分外れた場所でRF信号を印加しつづけ ることを特徴とする請求項31に記載の光伝送システ 【請求項33】RF信号をオンする際に、伝送路中に設 けられる光増幅器で急激な光サージを発生させないため にRF信号を所定のパワーまで段階的に立ち上げていく RF発振器を備えることを特徴とする請求項29に記載 の光伝送システム。

【請求項34】RF信号制御回路内にROMを持ち、分 [請求項35] 1故以上の光故長に送信信号を光強度変 岐時に前記光伝送装置内のAOTFに印加するRF信号 のデータ、スルー時のRF信号データなど複数のRF信 **号の印加状態を蓄積しておき、ROMのデータを用いて** RF発振器の設定値を変更することで、瞬時に所定のR F周波数とパワーを印加することが可能な構成を持った 開して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、およ び、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿 送信部で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する **手段を有し、駭送信器は、伝送路で波形が広がるような** チャーピングを行い、送信器と伝送路の間、伝送路と受 信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手 ことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。 入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、 **敦を配置したことを特徴とする光伝送システム。**

ずれかに伝送路の波是分散特性を補償する分散補償手段 【請求項36】各中継スパン毎あるいは、ノード毎のい

特開平11-289296

3

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送

【請求項37】各中継スパン毎あるいはノード毎のいず れかに配置する分散補償手段の各分散補償量は分散補償 間の伝送路の分散量に応じて散定することを特徴とする 請求項36に記載の光伝送システム。

[請求項38] 波長分散値が正である伝送路を有するこ とを特徴とする請求項35~37のいずれか1つに記載 の光伝送システム。

【請求項39】送信部で送信光に光位相変調もしくは光 周波数変調する手段のチャーピングパラメータが+1近 傍である送信器を有することを特徴とする請求項35~ [静水項40] 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の 37のいずれか1つに記載の光伝送システム。 2

間に配置した分散補償量を伝送ルートに応じて変化させ る機能を持つ分散補償手段を有することを特徴とする請 [請求項41] 伝送ルートに応じて分散補償量を変化さ **水項35~37のいずれか1つに記載の光伝送システ**

せる分散補償手段を有することを特徴とする請求項35 に記載の光伝送システム。 [請求項42] 前記分散補償手段は、分散補償量の異な 伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通過させる る、あるいは、分散補償蟲の同じ複数の分散補償器と、 光切り替え手段と、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替え ることにより、光信号が受けた分散補償量に応じて最適 な分散補償を行うことを特徴とする請求項35に記載の 光伝送システム。 ಜ 【請求項43】表面弾性波の作用を使って所望の波長の 光信号を改長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選 **択挿入するAOTFにおいて、**

該AOTFの形成されている基板の表面であって、AO TFの近傍に共振器を形成し、 核共振器の共振周波数の変化を検出することにより、核 AOTFの表面温度を計測し、眩計測結果に基づいてR F信号を制御して、眩AOTFの動作を安定化させるこ とを特徴とするAOTF制御装置。

【発明の詳細な説明】 [0001] 【発明の属する技術分野】本発明は、波長分割多重光ネ ットワークに関する。

[0002]

【従来の技術】将来のマルチメディアネットワークを目 た、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され研 指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、ま 究開発が盛んに行われている。

て、時分割多重 (Time-Division Multiplexing : TD 【0003】これまでに大容量化を実現する方式とし 20

M) 方式、光質域での時分割多皿 (Obtical Time-Divi sionMultiplexing: OTDM) 方式、改長分割多瓜 (Wa velength-Division Multiplexing : WDM) 方式等の 研究が行われている。

によらず伝送光信号を選択・分岐・挿入可能となり上記 イベの広帯域・大容啞性を有効利用でき、さらに光合分 [0004] これらの方式の中で、WDM方式は光ファ 故器 (光フィルタ) を用いることにより変闘方式・速度 光波ネットワークの機能を実現できる。 [0005] すなわち、光波ネットワークではネットワ Drop Multiplexer:ADM)、伝送路を選択する。 光ルーティング、クロスコネクトを行う機能を持つ必要 **ーク上の各ノードで必要に応じて分岐・抑入(Add/**

2

【0006】光信号の分岐・抑入を行うための装置とし 光ADD/DROP装置には、分岐・抑入を行う光信号 の改長が固定されている故及固定型と任意の故長の光信 ては、光ADD/DROP装殴が研究開発されている。 **号を分岐・抑入できる任意被長型とがある。**

しまうために、光波ネットワークに対する多くの熨状に 【0001】被長固定型は、例えば、サーキュレータと ファイパグレーティングとからなっており、伝送されて ものである。挿入する場合には、挿入しようとする光信 **母をサーキュレータで一旦ファイバグレーティングに送** 光信号の波長をシステム構築後においても遠隔操作で変 ル)を変えたいという要求にも容易に対応することがで きた光信号のうち特定の故長の光信号をファイパグレー ティングで反射して、サーキュレータを用いて分岐する **仰入する光信号の波長がシステムの構築時に決定されて** [0009] これに対し、任意被長型は分岐・挿入する [0008]このような被吸固定型においては、分岐・ り、ファイパグレーティングで特定の改長が反射され、 対し十分に対応することができないという問題がある。 えることができるので、分岐・抑入する改長 (チャネ 伝送路を広進してきた光信号と合波するものである。

る。各被長の光倡号は、各被長毎に設けられた2×2光 スイッチに入力される。2×2光スイッチは、光路を切 り替えることによって、各光信号を、直進させるか(ス (OADM) 装置の構成の一例を示した図である。 被長 **よ1~よnの故長多田光は入力倒かのデャルチプレクサ** (DMUX) に入力され、各故長の光僧号に分岐され 【0010】図57は、光スイッチを用いた光ADM ルーさせるか)、ドロップさせるかする。

は、トリビュータリ同に送られる。トリビュータリ周で 【0011】2×2光×イッチでドロップされた光信号 プレクサに入力され、故長多田光に多田されて出力され は、トリビュータリ扇 (ブランチ扇) に送信される。2 ×2光スイッチをスルーした光信号は、そのままマルチ る。2×2光スイッチによってドロップされた光信号

後、各チャネル毎に散けられる光受債器ORに光信号を ルタが散けられており、合分波器で分岐された光信号の 図示されていないが、光受伯器ORには、故長避択フィ 供給するため、合彼した光俳号を分岐する。同図には、 は、ドロップされた光信号を合分波器で一旦合波した 中から所留の故長の光信号を選択して受信する。 【0012】このように、OADM装置で被長多瓜され スイッチでドロップすることにより、所留の改長の光信 **号をドロップすることが出来る。トリビュータリ局側で** 受信することにより、所望の故長(チャネル)の光信号 を受債することが出来る。特に、ドロップされる波長が た光伯号を各波長の光信号に分波してからそれぞれを光 は、ドロップされた光信号のうち所留の波長を避択して 異なる場合を考えると、光受信器ORの前に散けられる 故長選択フィルタとして、選択故長が可変のものを使用 すれば、例えば、1番の光受信器で受信する光信号の故 長を自由に変えることが出来る。

気ADM (E ADM) で処理される。また、E AD れる。同図に示される、トリピュータリ局の各光送信器 送信されてくる光信号の光路を切り替えて、ドロップ処 [0013] 光受信器ORで光信号を電気信号に変換さ れたものは、뾉気信号で、アド・ドロップ処理を行う電 Mからは、トリピュータリ局から送信すべき信号が出力 され、光送信器〇Sによって光信号に変換されて送出さ OSの出力する光信号の波長は、OADM装置でドロッ ッチに入力される。光スイッチでは、光送信局OSから 理を行っている2×2光×イッチに、対応する液長の光 **信号を送るようにしている。ドロップ処理を行っている** 各2×2光スイッチでは、ドロップした光信号の故長と 同じ被長の光信号をトリピュータリ局から受け取り、マ ルチプレクサMUXに送信する。このようにして、トリ ビュータリ局から送信されてきた光信号は、OADM装 園をスルーする光信号とマルチプレクサMU X で合故さ プされた被長の内のいずれかを用いるようにし、光スイ れ、波長多重光信号として出力される。

[0014]

装置としては、上配のように、光スイッチを使ったもの **一クを構築当初に最大多重放長数よりも少ない被長数で** 【発明が解決しようとする課題】任意波長型のOADM て、助作が重いという問題点がある。また、光ネットワ プレクサが必要のない、出力及び入力ポートを有してい しない光スイッチを有していることになり、初期投資の がオーソドックスな方式として考えられるが、装置とし システムを選用する場合に、マルチプレクサ、デマルチ ることになり、無駄な構成を有していることになる。ま た、2×2光スイッチを始めから備える場合には、使用 増大を招く。

プレクサがパンドパスフィルタのような特性を各被長の 【0015】さらに、上記の方式では、光信号をマルチ プレクサで各嵌長の光信号に分岐しているので、マルチ

り、システムの散計及び散置作業が非常にシピアになっ と官う問題がある。従って、この問題を避けようとすれ ば、各光装置のパスパンドを厳密に一致させる必要があ 光信号に対して持つことになる。このようなパンドパス パスパンドの値かなずれが累積し、システム全体として のパスパンドが各波長にしてハギ特に狭くなったしまう フィルタのような特性のデバイスを直列に接続すると、

で、彼長成分で見るとサイドバンドが生じている。この ような光信号が、パスパンドの非常に狭くなったシステ ムを伝播すると、故形劣化を起こし、光信号を受信仰で 受信できなくなる可能性がある。最悪の場合には、シス [0016]また、光信号は、AM変調されているの テムを光信号が伝播できないという事態も生じうる。

[0023]

アイパグレーティングの特性はフラットであるので、上 記のようにシステム全体に渡ってのパスパンドが狭くな レクサのようなもので一旦分散する構成を採用すること パグレーティングを使用する場合には、ドロップする故 **畏の光信号のみが抜き取られ、他の波長成分に対するフ** 【0017】このような問題は、全ての波長をマルチブ によって超こる。従って、固定波長型のように、ファイ ってしまうという問題は生じない。

要となる。これでは、やはり、装置として動作が重くな パグレーティング自体は、選択波長が固定されているの で、任意波及型のOADM装置を構成する場合には、波 パグレーティングに対して散けられる光スイッチとが必 【0018】従って、ファイパグレーティングを使用し てOADM装置を構成することが考えられるが、ファイ 長数分のファイパグレーティングと、それぞれのファイ ったしまう。

【0020】また、今日の故長多重数を増加しようとい [0019]また、OADM装置は、低気のADM装置 ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計がで と組み合わせて信号を処理する必要があるので、配気A コストが大きくなってしまう。従って、用意すべき配気 DM装置を始めから被長数分だけ用意しておくのでは、 きるだけ小さくなるように構成しなければならない。

み合わせなければならないと言う問題がある。このよう う要水に対し、例えば、32被分の被長を扱うためのマ トリクススイッチが現在存在せず、小さなスイッチを組 にすると、スイッチが非常に大きくなってしまい。 装置 の小型化を推進する上で障害となる。

しまうという問題が無い。また、ファイパグレーティン 音響光学チューナブルフィルタ(Acousto-Optic Tunab AOTFは、ファイバグレーティングのように、ドロッ プする波段の光のみ抽出するという動作をするので、ス ルーする光信号に対する故長特性はフラットであり、上 **記したような、パスパンドがシステム全体で狭くなって** 【0021】上記のような問題を解決する方法として、 le Filter; AOTF)を使用することが考えられる。

特国平11-289296

9

用できるため、強過被長固定型のパンドパスフィルタの グと異なり、ドロップする故畏を任意に避択可能である ので、容易に任意被長型OADM装置を構成することが できる。また、AOTFは放長選択フィルタとしても使 代わりに、トリピュータリ扇の被長遡択フィルタとして しかもコスト的にも有利であり、OADMシステムを構 も使用可能であり、非常に用途の広いデバイスである。 既するのに過したアベイスかもる。

【0022】本発明の課題は、AOTFを使用した信頼 性、及びコストパフォーマンスの良い光故長多瓜ネット ワーク及びそのための装置を提供することである。 2

毀択フィルタを備え、複数の可変被長選択フィルタを用 ハて分岐・挿入すべき光伯号の全てを分岐または挿入す WDM通信システムにおいて、任意の改長の光信号を分 岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、分岐・ **挿入すべき光信号のうち、一部の光信号についての分岐** ・ 挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、前記 第1の可変被長選択フィルタで選択されなかった、分岐 ・ 個入すべき光信号について分岐・個入助作を行う第2 の可変被長週択フィルタとの少なくとも2つの可変故長 【瞑題を解決するための手段】本発明の光伝送装置は、 ることを特徴とする。 ន

【0024】本発明の光端局は、WDM光通信システム 光伝送装置から分岐した光信号を受信し、個入すべき光 信号を抜光伝送装置に伝送する光端局であって、所定の において、分岐及び椰入すべき光俏号を分岐・椰入する **改長の光信号を、所留の数だけ合故し、挿入すべき光信** 母として前配光伝送装置へ伝送する光合波器を備えるこ とを特徴とする。

た光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、簸光信号 【0025】本発明の光伝送システムは、伝送路から伝 **囮と、蚊光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿** 入すべき光信号を放光伝送装置に伝送する光端局とから なる光伝送システムにおいて、酸光伝送装置で分岐され を所留の数までパワー分岐する光分故器と、眩光分故器 所定の光波長の信号を避択して受信することを特徴とす 送されてきた波長多瓜光信号のうち、所定の波長の光信 号を分岐し、対応する故長の光信号を仰入する光伝送装 の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光端周は

する光伝送装置と、眩光伝送装置から分岐された光信号 【0026】本発明の他の側面の光伝送システムは、伝 送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入 を受債し、拡光伝送装置に仰入すべき光信号を送信する **塩局とからなる光ネットワークにおいて、鼓塩局の受信** に、該光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに所定のRF 50 個故数を印加して所定の光信号を分岐し、光スペクトル 関の1被避択用AOTFに所定のRF周被数を印加し、 版1 波避択用AOTFが安定化したことを確認した後

ည

3

特開平11-289296

し、1 故挿入用 AOTFの動作が安定し、且つ、光スペ **炫端局の1被挿入用AOTFに所定のRF周波数を印加** クトルモニタで監視した挿入すべき光信号が所定の光波 長と光パワーになるように制御した後に、眩端局の光送 **信器を駆動するシーケンス処理を有することを特徴とす** モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、

送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該 を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信部 【0027】本発明の更に他の側面における光伝送シス 光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機能 有し、眩変調手段のチャーピングパラメータの符号が正 信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手 テムは、1 彼以上の光波長に送倡信号を光強度変調して で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受 段を配置したことを特徴とする。

中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおい [0028] 本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波 の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の AOTFの近傍に共振器を形成し、眩共振器の共振周波 【0029】本発明によれば、任意の彼長を印加する電 数の変化を検出することにより、散AOTFの表面温度 気信号の周波数を変えることで、選択することができる AOTFをアド・ドロップシステムに使用したことによ て、隊AOTFの形成されている基板の表面であって、 を計測し、散計測結果に基づいてRF信号を制御して、 **該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。**

信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ り、システムを構成する回路の動作が軽くなり、安価で

[0030]

【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOAD M装置の基本的原理を示す図である。同図では、AOT ん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたもの 8 波がアド・ドロップされる場合を示している。 もちろ F10に被長11~1nの被長多重光信号が入力され、

ップしたい被長に対応するRF信号(電気信号)を印加 する周波数 11~fnまでのRF信号のうち、8つが印 [0031] AOTF10による光波長の選択は、ドロ る。そして、AOTF10には、故長11~1nに対応 することによって行う。同図の場合、AOTF10に は、故長11~1nの故長多重光信号が入力されてい

後、8×1カプラ11に入力される。ここで、カプラが 【0032】AOTF10に印加されたRF債号の周波 数に対応する波長の光信号は、AOTF10のドロップ ポートに出力され、光アンプ20によって増幅された

8×1構成となっているのは、ドロップされる波長数が

プされてきた光信号を波長の数だけ分岐する。分岐され [0033] 一方、AOTF10は、所望の故長の光信 8となっているからである。8×1カプラ11はドロッ た各光信号はすべて同じ光信号であり、ドロップされた **皮長の光信号をすべて含んでいる。次に、波長選択フィ** vタとしてAOTF13が散けられており、電気ADM (光信号受信器) 17に各故長の光信号が送信される。

号をドロップするだけではなく、ドロップした波長の光 は、AOTF10がある波長の光信号をドロップする動 作を行っている時には、同時に同じ波長の光信号をアド 信号と同じ波長の光信号をアドすることができる。これ ドロップあるいはアドしたい波長の光信号に対応する周 波数のRF信号をAOTF10に印加しているだけで良 する作用を有しているからである。RF信号としては、

る光信号の数だけ散けられており、これらのLD19か は、アドすべき光信号の波長を有するLD19がアドす ら出力される被長11~18の光は8×8カプラ18で プ15によって増幅され、被長選択フィルタとしてのA ~ 28が多重された光から光信号送出に使いたい波長の 【0034】アドする光信号は、同図の左側の構成によ って生成される。光顔となるレーザダイオードLD19 一旦合波された後、分岐される。分岐された光は光アン OTF14に入力される。AOTF14では、被長11 変調器16によって変調され、光信号とされる。このよ うにして生成された各政長の光信号は、8×1カプラ1 2で合故され、光アンプ21で増幅されて、AOTF1 0に入力される。AOTF10では、アド光信号がスル 光を抽出する。AOTF14で抽出された波長の光は、 一光に合故され、出力側に出力される。

に出力される。アド光とドロップ光とは波長が同じであ 原理的には、このAOTF10を1つ使うだけで、OA DMの機能を達成することができる。ただし、実際のA のでないので、様々な工夫を必要とする。例えば、AO TF10のアドポートから入力されるアド光信号は、A OTF10のクロストークの為、ドロップポートに僅か るので、コヒーレントクロストークと呼ばれるクロスト **ークが生じ、光信号の劣化に大きな影響を与える。従っ** て、実際にAOTFを使ってOADM装置を構成する場 合には、このコヒーレントクロストークを避けるように OTFの特性は、上記原理で説明したような理想的なも [0035] このように、AOTF10を使用すれば、 構成しなくてはならない。

光アンプを動作させておくと、光信号をアドしないにも on)光がノイズとしてスルー光信号に加えられてしまう ので、SN比の劣化を起こすためである。あるいは、A プしない場合には、光アンプ21をとめておくか、AO かかわらず、ASE (Amplified Spontaneous Emissi 【0036】なお、AOTF10で被長をアド・ドロッ TF10の選択帯域をはずすようにしておく。これは、 20

OTF10の選択帯域をはずしておけば、ASEがスル 光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくすること が出来る。図2は、実際のAOTFを使用してOADM 一光信号の帯域外に挿入されることになるので、スルー 装置を構成する場合の基本的構成例のプロック図であ

光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために 増幅され、1段目のAOTF31に入力される。1段目 のAOTF31では、ドロップすべき故長の光信号の内 2からドロップされた光信号のレベルとAOTF31か らドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしてカプ [0037] 同図に示すのは、AOTFを光信号のドロ の一部のみをドロップする。そして、1段目のAOTF 31をスルーした光信号は、2段目のAOTF32に入 ブする。このようにして、ドロップされた光信号は、カ プラ35で合波されると共に、受信器ORの数だけ分岐 される。このとき、AOTF31のドロップポード側に ラ35に入力するように構成される。これは、AOTF ップのみに使用する構成である。入力側から入力された 力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロッ は、光アッテネータ38が散けられており、AOTF3 がロスが大きく、AOTFを1つだけ通過した光信号と 2 つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてし まうからである。もし、レベル差があるままドロップ光

[0038] また、AOTF31、32からドロップさ れた光佰号を一旦合波するカプラ35には、別の出力ポ ペクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無 ートを付けておき、この出力ポートからの光信号を光ス や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。 の波長が選択され、受信器ORで受信される。

[0039] 2段のAOTF31、32をスルーした光 信号は、ドロップされない故長の光信号のみを含んでお れる。光送信器OSからは、AM変調された各波長の光 信号(ドロップ光信号の故長と同じ故長)がカプラ36 り、OADM装置のスルー光としてカプラ33に入力さ る。このようにして、カプラ33に入力されるスルー光 で合波され、アド光信号としてカプラ33に入力され とアド光は互いに合放され、光アンプ34で増幅され て、伝送路に出力される。

[0040] 同図の構成例において、1段目のAOTF 31と2段目のAOTF32とを使ってドロップすべき 全ての光信号をドロップするのは、AOTFの被長選択 特性によるものである。すなわち、AOTF31はRF **信号が印加されたときの故長選択特性の幅が広く、1T** U-T G. 692勧告ドラフトで規定されている0.

8 n m 関隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFで い受信側で受信できなくなってしまう。そこで、実際に いは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがモ ドロップしようとすると、クロストークが発生してしま は、1つのブロックで示されているAOTF31、ある ノリシックに形成されたものを使用している。このよう にすると、波長選択特性の幅を狭くすることができる

が、これでも十分ではない。そこで、更に、AOTFを 2段に散け、1段目では、例えば、光信号の波長を端か ら順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数 番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにす る。そして、2段目では、1段目ではドロップされなか った、奇数番目あるいは偶数番目の故長の光信号のドロ ップを担当するようにする。このように構成することに も、波長間隔が最低でも1.6nmとなるので、AOT Fの波長選択特性でも十分クロストークを少なくするこ よって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合に とができる。

OTFを介さないで、直接カプラ33で合故するように 光信号の波長と同じ波長の光信号をプドする機能を有し わせると、ドロップ側にアド側の光が混ざり込んでクロ ストークを発生してしまう。特に、この場合、アド光と 【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、A している。前述したように、AOTFは、ドロップした ているが、AOTFにアドとドロップの両方の機能を担 ドロップ光の被長が同じコヒーレントクロストークなの で、クロストークによって生じる、ビート成分が大きく なり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができ なくなってしまう。アド光は、対応する故長がスルー光 から抜かれており、その開いているグリッド(光信号の 故長の散定位置)に合被されれば良いので、同図のよう に、スルー光にカプラで合故する構成を採用する。

> **信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に届くま** でに光アンプで増幅しようとしても、レベルの低い光信

なくなってしまう。このようにして、ドロップされた光 信号はAOTF等の被長選択フィルタ37によって所望

身がうまく増幅されず、受信側で信号を正しく受償でき

が、必ずしも2つに限られるものではなく、2つ以上の AOTFを用いてもよい。このように、多くのAOTF を用いると、1つのAOTFでドロップすべき光信号の 内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広 げることができるので、クロストークをより減少させる [0042] なお、同図では、AOTFを2つ用いて、 ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示した

ト機能対応のOADM装置の構成例を示すプロック図で 光信号は、カプラ46で分岐される。分岐する数は、ド ある。同図 (a) に示されるように、入力側から波長え ロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも [0043] 図3は、AOTFを使ったブロードキャス 1~スヵが波長多重されて送信されてくる。これを光ア では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF 42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュータ リ局のカプラ46に入力する。カプラ46に入力された ンプ40で増幅し、カプラ41に入力する。カプラ41 ことができる。 20

6

9

特屈平11-289296

よい。カプラ46で分岐された光信与は、波長メ1~1mまでの故長の光信与ならんでいるので、この中から、ドロップ光として使用する故長の光を改長部択フィルタ48で遊択して、抽出する。

[0044] 一方、AOTF42に送られた光信与は、
数段遊校フィルタ48で選択された被長をAOTF42 で選択し、選択ポートに出力させる。選択ポートはどこにも接続されておらず、選択された光信与は格でられることになる。AOTF42の後段にもAOTF43が散けられているのは、図2で説明したように、一方のAOTFでドロップすべき被長の光信号をドロップしてやり、他方で残りの被長の光信号をドロップしようとするものである。このようにすることによって、被長選択におけるクロストークを低減することができる。

【0045】2段のAOTF42、43を適過したスルー光はカプラ44に入力され、アド光と合被される。アド光は、図2で設明したのと同様に、光顔からの光を被保避状フィルタ49で所図の波及の光を避択し、次に変異器50で変図してカプラ47に入力される。カプラ47で合数されたアド光はカプラ44に入力され、スルーポと合数されて、光アンブ45で地隔され、伝送路に送出される。

【0046】なお、ここでは、アド光信与は、光顔からの光を被疫過級フィルタ49で選択した後変闘器50で変闘をかける構成を示したが、光顔からの光に変闘をかけ、後に故及避択しても同様にアド光信号を生成することが示さえ

【0047】同図(b)は、プロードキャスト機能を睨明する図である。同図(a)のOADM装置が同図(p)のADM装置が同図(p)のように伝送路で接続されている場合、波長 1 1

の光信号をOADM1~3でプロードキャストしたいと する。OADM1では、波長3.1をドロップし、AOT Fでは波長3.1を遊択せず、また、波長3.1のグリッド に光信号をフドレないようにする。すると、波長3.1の 光信号はOADM1をみかーし、次のOADM2に入力 される。OADM2でも波長3.1の光信号をドロップ し、AOTFでは波長3.1を選択しないようにする。す ると、同様に故長3.1を選択しないようにする。す る。OADM3では、波長3.1をドロップすると共に、 AOTFで波長3.1を選択し、波長3.1を光信を あ。OADM3では、波長3.1をドロップすると共に、 AOTFで波展3.1を選択し、波長3.1の光信号を破算する。これにより、OADM3から出力される光信号 12~1nまでが多重された光信号となる。 【0048】このように、同図(a)の構成によれば、 OADM1~3に被長11にのった同じ光信号をドロップすることができるので、プロードキャスト通信を行いたい場合に容易に変異できるという利点がある。

は、波長 11の新しい光信号がアドされない限り、波長

[0049]図4は、OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理的図である。同図(a)は、OADM内のAOTFの冗長構成を示している。

が散けられている。1×2×イッチ62は、現用伝送路 スイッチ63の出力ポートは、現用伝送路と予備伝送路 に接続されており、1×2×イッチ63がいずれかの伝 上側が現用の構成となり、下側が予備の構成となる。そ 続されている。1×2×イッチ61は、現用のAOTF からの光信号と予備のAOTFからの光信号とを切り替 [0051] 同図 (b) は、OADM装置外の伝送路の 冗長構成を示した図である。 伝送路が現用と予備に2 瓜 に送る。AOTFの次段にはアド光信号を合放する合故 [0050] OADMの入力側に1×2×イッチ60を 敗け、入力した光信号の進路を2つの進路に切り換えら れるように構成しておく。1×2×イッチ60の2つの 出力ポートには、現用のAOTFと予備のAOTFを接 続し、それぞれのAOTFの後段には、アド光を合故す れぞれは、1×2×イッチ61の2つの入力ポートに接 え、いずれかを伝送路に出力するようにしている。1× 化されており、OADMの入力倒に1×2×イッチ62 と予備伝送路のいずれかを選択して、光信号をAOTF 器が散けられ、1×2×イッチ63に入力する。1×2 るための合波器を散ける。すなわち、同図(a)では、 2スイッチ61はOADM装置の出力側に設けられる。 送路を選択して光信号を送出するように構成される。

みを示したが、伝送路とAOTF両方が2重化されてい うにすればよい。また、この場合には、2×2スイッチ も2 重化しておくと、より信頼性の高いシステムを構築 することができる。すなわち、現用及び予備伝送路それ 予備の2×2×イッチのいずれに光信号を入力すべきか の後段にも1×2×イッチを設け、現用と予備のいずれ び出力側のいずれの場合にも適用でき、AOTF及び伝 のみ、あるいは、伝送路のみが2重化されている場合の 力側及び出力側の1×2×イッチを2×2×イッチに阻 が壊れた場合には、対処できないので、2×2×イッチ ぞれに1×2×イッチを散け、現用の2×2×イッチと の2×2×イッチから光信号を受け取るかを選択できる ようにしておく。この構成は、OADM装置の入力側及 【0052】なお、同図 (a)、(b) では、AOTF る構成も可能である。この場合には、OADM装置の入 き換え、現用と予備の伝送路及び現用と予備のAOTF それぞれを2×2×イッチの入出力ポートに接続するよ **を避択できるようにしておく。そして、2×2メイッチ** 送路のみではなく、現用と予備を切り替えるためのスイ ッチも2 II化したOADM装置を構成することができ ဓ္က

【0053】図5、6は、AOTFを使用したOADM 按置の具体的構成の第1の例を示す図である。伝送路より入力された光信号は、先ず、光始幅部(In-Line Am lifier: 1LA)に入力される。光始幅部は2つの始端媒体を持っており(三角で示されている)、前段の均縮媒体を描述される前の光信号は一部が分岐され、光スペットルモニタ節のスイッチに入力される。この光スイッ

チモニタ師のスイッチは、入力する光信号を順次切り替え、スペクトルアナライザS AUに光信号を送り、各場所での光スペクトルで卸子を解析し、モニタするために数けられている。スペクトルアナライザS A UはスペクトルアナライザコントローラS AU CNTによって関連を乗が一方を出力し、入力される光信号を解析する作業と並列的に解析はローラS AU CNTで処理を受け、不図示の削削級によって、スペクトルの状態な争所は、カペレークが出向き、スペクトルの数字を所で表述になるように関御信号が伝送される。あるいは、オペレークが出向き、スペケトルの数字を直接モニクすることができるようにははよい。

【0054】光均幅部1LAの前段の均幅媒体で均隔された光信与は、伝送路での分散を打ち消すために、分散 前位ファイバロCFに入力される。この後、更に、後段の均幅媒体に入力され、パワーの大きくなった光信与がのADM装置に入力される。なお、光均幅部の後段の均隔媒体に接続されているBSTは、プースタと呼ばれ、始幅媒体、例えば、エルビウムドープファイバに光均幅を行うための励起光を供給するものである。

【0055】光増幅部1LAで増幅された光信号は、前 フィルタモジュールTFMの入力には、光モニタが散け 不図示の制御部は、このモニタ結果を解析して、モジュ **一ルが正常に接続され、光信号が来ているか否かを判断** する。例えば、モジュールが外れている場合など強度の ールTFMの出力側にも散けられており、基本的に同じ る。このスイッチ部PSW1の詳細は省略する。スイッ チ部PSW1を通過した光信号は、次に、チューナブル フィルタモジュールTFMに入力される。 チューナブル られている。これは、モジュール間がちゃんと被続され ているか否かを監視するためのものであり、入力した光 **強い光が溺れている場合には、側に人がいると、その人** る。このような光モニタはチューナブルフィルタモジュ 信号のパワーを検出して、不図示の制御部に通知する。 に危険が及ぶので、光スイッチを切るなどの処置をす 述した冗長化のためのスイッチ部PSW1に入力され 役割をになうものである。

するPANDAファイバの特性にも依存するが、約20

m である。

【0056】光モニタを通過した光信号は、AOTF11 に入力される。AOTF11は、チューナブルフィルタモ ジュールTFDのコントローラCNTからの制御信号に よって、制御される。すなわち、コントローラCNTか らの制御信号は、RF信号を生成する回路(図5では、 増幅器とPLL回路からなっていることが示されてい る)に印加され、このようにして生成されたRF信号が AOTF1及びAOTF2に印加される。AOTF1では、前述したように、倒えば、函数番目の数長の光信号 が避疾され、図5の上側のボートに出力される。AOT F1をスルーした光信号は、偏数モード分数指債器PM Dに入力される。

(後述)、5008程度となる。ところで、本英施形態 る。個故モード分散を補償する方法としては、やはり個 ろで、AOTFは一般に、ニオブ酸リチウム等の複屈折 性を持つ材料で構成されており、何の作用も受けないス Fの1 しのデスイスが3 段構成になったいるとした場合 のOADM装置は、10Gbpsの伝送速度を有するシ を通過する毎に偏波モード分散補償を行うようにしてい 故モード分散を有する PANDAファイバ等の軸をAO TFの軸と直交させるように接続する。このようにすれ ファイバ内では超く、AOTF内で超く仮値していたモ — FはPANDAファイバ内では強く伝描することにな る。AOTFの編波モード分散を補償するために必要な PANDAファイバの長さは、AOTFの特性や、使用 [0057] AOTFは、後述するように、入力光信号 のTEモードの光とTMモードの光とを救面弾性故(S ルーする光信号のTEモードとTMモードとの間に伝数 遊度の違いを生じる。このとき生じる時間登は、AOT ステムに使用することが留まれているが、10Gbps の場合、1つのピットに与えられるタイムスロットは1 00ps程度である。従って、AOTFをスルーするこ とによって受ける偏故モード分散は、1タイムスロット なくなってしまう。 欲って、ここでは、10のAOTF ば、AOTF内で強く仮箱していたモードはPANDA AW)との相互作用により、所定の改長の光信号のモー ドのみを変換し、出力ポートを変えるものである。とこ め、このままでは、光信号を正常に受信することができ の50%程度のずれを異なるモード間に引き起こすた 8

30 [0058] 一方、波長路沢された光指身、すなわち、ドロップ側の光信身の場合には、AOTFの内部で、SAWとの相互作用により、TEモードで入ってきた光信身はTMモードで気換されながら伝播し、TMモードで分散を受ける時間が等しくなる。従って、吸切、TEモードで分力された光も、TMモードで分散を受ける時間が等しくなる。従って、吸切、TEモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、UMモードで入力された光も、AOTF内部を伝播している間に、TMモードとTEモードとにそれぞれ変換されるため偏談モード分散は出ない。

[0059] 価数モード分核植質器PMDを适過した光倍号は、光焰幅部TFAに入力され、増個媒体によって光信号が増増される。AOTF1を适過してきた光信号は、AOTF2のスターが弱くなっており、AOTF2に入力してドロップされる光信号と、AOTF1でドロップされた光信号との同にレベル整が生じてしまうため、これを補償する必要があるのである。例えば、AOTF1つのロスは10dB程度である。光均幅部TFAで始幅された光信号はAOTF2で、例えば、奇数番目の波長の光信号が分核され、残りの光信号はス

ケーしたいく。

は、光アッテネータを介して光スペクトルモニタ部のス ップすべき光信号は、2×2カプラで合被され、再び光 増幅部TFAで増幅され、トリピュータリ局へと送信さ ペクトルアナライザSAUに入力され、ドロップされた 光信号の波長及びパワーが所定の基準を満たしているか **【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロ** れる。一方、2×2カプラ1のもう一方のポートから 否かが検出される。 2 【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述し チ部P SW2の2×2カプラ2には、アド光信号も入力 スイッチを介して、光増幅部 B W A 2 に入力され、ブー で分岐される。大部分の光信号は、カプラから伝送路に たように、偏波モード分散補償器PMDに入力され、偏 トリピュータリ局からの伝送ロスによる損失が補償され る。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償さ れ、2×2カプラ2に入力される。2×2カプラ2で合 故されたスルー光情号とアド光信号は、冗長化のための スタBST3、4からの励起光により増幅され、カプラ 幅部PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体 故モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイ ッチ部PSW2の2×2カプラ2に入力される。スイッ **按長ずれや各波長の光信号のパワーが解析される。光増** される。アド光信号は、光増幅器 BWA 1 で増幅され、 出力されるが、一部は光スペクトルモニタ部に送られ、 を通過することによるロスを補償するためのものであ

皮長11~132に変換されて、送出される。これらの る。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップ された光信号は、トリピュータリ局の波長分波器で各波 テムにおけるトリピュータリ局の構成例を示した図であ 長に分波される。同図の場合、被長11~132までの 変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の 合波器で合波されて、図5のOADM装置にアド光信号 既存光ネットワークの光電気変換部の丘で受信され電気 一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光 【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシス **閏号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例え** ば、1 波光ネットワークの場合には、そのネットワーク 光信号は、アッテネータで相対的レベル調整が行われ、 3.2 故に分故されている。これらの各故長の光信号は、 で使われている波長の光信号に変換され、伝送される。 として送出される。

の波長を全て使用する必要はなく、一部の波長のみを使 【0063】なお、同図では、ドロップ光信号の波長は 32個あり、この32個の故長全てが使用されているよ うに示されているが、システムの構築当初では、これら モジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に 用してもよい。この場合、図5のチューナブルフィルタ

には、彼長分波器の1つのポートから信号を分けなけれ 【0064】また、同図のように、故長分波器で各被長 ば、受信側で同じ被長の光信号を受信したいという場合 ばならず、そのような構成がシステム構築当初から設け られていない場合には、1つのポートからの光信号を分 という場合に、波長分波器が各波長に先に分波してしま うので、対応するのが難しいという点が存在する。例え の光信号に分岐してしまうと、受信する故長を変えたい 岐するカプラ等を新たに散けなくてはならない。

【0065】図7、8は、AOTFを用いたOADM装 置の具体的な構成の第2の例を示す図である。図7の構 成は、基本的に図5の構成と同様であるので、詳細な説

明は省略する。

[0066] 伝送路より入力される光信号は、光増幅部 構成である。スイッチ部PSW1から出力された光信号 ILAで増幅され、分散補償ファイバで分散が補償され て、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PS W1は、前述したように、現用、予備の冗長化のための はチューナブルフィルタモジュールTFMの光モニタ部 を通過し、AOTF1、AOTF2でドロップ光信号が ドロップされて、2×2カプラ1に入力される。

おり、トリピュータリ局の受信部TRB1のAOTFで 解析される。2×2カプラ1で合波されたドロップ光信 号は光アンプで増幅された後、1×4カプラで分岐され おり、ドロップする光信号の故長を変える予定のない場 つしか散けられていないが、ドロップ光信号として4被 スペクトルアナライザSAUに入力され、スペクトルが る。同図では、ドロップ光の故長数は4であるとしてい るが、必ずしも4に限られるものではない。 1×4カブ ラで分岐された光信号は、全てのドロップ被長を含んで 各波長が抽出される。ここでのAOTFは1×4カプラ からの光信号の中から所望の故長を抽出する作用をして AOTFを使用するのは、本システムを使用するユーザ の要望により柔軟に対応するためであり、ユーザの要望 としてシステム使用中にアド・ドロップする光信号の彼 **長を変えることは強く望まれることである。なお、被長** 略記されているチューナブルフィルタコントローラTF Cによって制御される。同図の場合には、AOTFが2 選択フィルタとしてのトリピュータリ局のAOTFは、 【0067】2×2カプラ1からの出力のうち一部は、 合には、通常のパンドパスフィルタも使用可能である。 を使用する場合には、AOTFを4つ使用する。

光は、偏波モード分散補償器 PMD で偏波モード分散補 質されてから、光アンプに入力され、AOTF2に入力 し、もう1つのAOTFで残りの波長、例えば、奇数番 50 目の波長の光信号をドロップするようにしているもので 前述したように、1つのAOTFでドロップすべき故長 **【0068】AOTF1でドロップされなかったスルー** される。このように、AOTFを2段にしているのは、 の一部、例えば、偶数番目の波長の光信号をドロップ

特開平11-289296

(12)

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較 的広いので、クロストークをできるだけさけるためにな されている処置である。

アンブ部PWA2に入力した光信号は、励起光源BST 補償されてから、光モニタを通過してスイッチ部 B S W るが、現在使われているのは1~4番のポートのみであ 備を切り替えるスイッチ)を通過して、OADM装置の は、スペクトルアナライザユニットSAUに送られ、O 編波モード分散補償器 PMDによって偏波モード分散が 2の2×2カプラCPL2に入力され、アド光信号と合 **皮される。同図の場合、ドロップ光の波長が4被である** 年来のアップグレードに対応できるように構成されてい は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバD CFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2 ×2カプラCPL2に入力される。そして、スルー光と アド光が合波され、プロテクションスイッチ(現用、予 出力側の光アンプ部 b M A 2 に入力される。そして、光 3、BST4からエネルギーを与えられて、パワーが増 幅された後、カプラCPLを介して伝送路に出力されて ADM装置から出力される光スペクトルの状態が解析さ れ、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタ カプラCPL4には、1×8カプラが設けられており、 ので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。 る。カプラCPL4で合放された各波長のアド光信号 【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、 いく。なお、カプラCPLで分岐された一部の光信号 に使用される。

ဓ္က ンクと光変調部及び不図示の電気ADM装置(E AD M)からなっている。送信すべきデータは電気ADM装 【0070】図8は、トリピュータリ局のアド光送信側 の構成を示す図である。アド光信号送倡部は、レーザバ 置から電気信号として送信されてきて、レーザバンクか らの光を変調する駆動信号として使用される。

いる。また、アドする光信号の波長が1~32のいずれ 【0071】レーザバンクは、複数の互いに異なる故長 の光を出力するレーザダイオードからなっており、これ らがレーザダイオードコニットLDU#1~#4に収絶 されている。ここでも、障害発生時に対応するため冗長 は、現用 (Work) と予備 (Protection) とが用意されて の波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレ ーザダイオードが32個設けられている。これらのレー る。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに 化がなされており、レーザダイオードユニットLDU ザダイオードから出力される光は、合波器で合波され て、1~32の波長の光が故長多重された光を生成す 対応して合波器も現用と予備が設けられている。

タを挟んだようになっている。これは、間にアッテネー 【0072】合波器から出力された光は、光アンプ部で 部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテネー 増幅される。光アンブ部も冗長化されており、光アンブ

20

タを入れることによって、後段の増幅媒体への光の入射 れた光信号は、カプラCPLで一部が分岐されて、カブ ラ部CPL3に入力される。分岐された光信号は、スペ クトルアナライザユニットSAULに入力される。スペ クトルアナライザユニットSAULの構成は、スペクト 強度を調整する作用を得る為である。増幅媒体で増幅さ ルアナライザコントローラSAU CNTと、これに制 御されるスペクトルアナライザSAUとからなってお

10 ザバンクからの出力光の検査をする場合に必要な出力光 り、カプラCPLはシステムのオペレータが平勁でレー を光モニタポートに出力するものである。スペクトルア ナライザユニットからの解析結果は略記されているレー ザダイオード制御部LDCに送られ、レーザダイオード を制御するのに使用される。同図に示されるように、ス ペクトルアナライザユニットSAUL及びレーザダイオ ード制御部LDCも冗長化されている。

発版波長を可変できるレーザが非常に不安定で、発版波 【0013】このように、異なる故長のレーザダイオー 長が精密に安定している必要のある光通信においては、 ドを複数用意し、これらの光を合改して使用するのは、 十分な機能を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光 を合波したものは、光増幅器で増幅された後、カブラ部 CPL3の1×8カプラに入力される。1×8カプラで は、入力された光をアド光信号の波長として使う分だけ 分岐し、光変調部に送る。今の場合、アド・ドロップす る光信号の故長は4つだけであるとしているので、実際 に光接続されているのは、1×8カプラの4つのポート のみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設 けられている光変調器 (不図示) に光を供給するために

に入力される。一方、電気ADMからは、所定の改長の 構成の変調装置が4つ散けられている。レーザバンクか ら送られてきた光は被長選択部TFR1の前段のAOT Fで、先ず、アド光として使用する波長の光が選択され 光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信 され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で 分岐され、デジタルフリップフロップDーFFと電気増 **幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Mod** は、この電気信号の印加を受けて、被長選択部の前段の る。変調された光信号は1×2カプラで分岐され、一方 がコントローラで検出され、所望の変調が行われている か否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器 にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す 【0075】1×8カプラの出力ポートに接続されたフ ァイバは、アドする光信号の故長分散けられた変調器を しにしいてのみの記載となっているが、実際には、同じ る。この選択された波長の光は変調器部の変調器Mod 有する光変調部に送られる。同図では、内部構成は、1 AOTFで選択された波長の光信号を変調し、出力す \$

散定される

【0076】このようにして、仮国器Modで欲闘され 師の後段のAOTFに入力されてアド光信号として送出 た光信号は、光アンプPOAで増幅された後、玻長遊択 される。ここで、光アンプPOAで均幅した後に再びA イズを除去するためのものであり、このAOTFは改長 遊択部の前段のAOTFの避択彼長と同じ被長を避択す OTFを通過させるのは、光アンプPOAで発生したノ るように設定されているものである。

【0077】なお、レーザベンクからの光の中からアド イルタではなく、選択波長を可変できるAOTFを使用 するための光波長を避択するのに、避択波長固定型のフ するのは、アド・ドロップする光佰号の改長を変えたい ときに容易に対応できるようにするためである。

て、変闘器Modの後段の光アンプPOAは、1改用の **迎択することも可能であるが、この場合には、変闘器の** 光信号に使用する被長を1被だけ吸初に遡ぶことによっ る。前並したように、最初に変調をかけて、後に波畏を 後段のアンプは波畏多瓜光用の光アンプでなくてはなら アンプで良くなり、小型のアンプを使用することができ [0078]また、波長選択部の前段のAOTFでア ず、大型になるとともに、高価になってしまう。

る。後に説明するように、伝送路の冗異化にも種類があ ファイパBLSRを前位にしており、伝送路(PB)と 配載されているのは、4ファイバのBLSRの場合の反 装置の具体的構成の第3の例である。図9の場合、伝送 9, UPSR (uni-directional path switch ring) や2ファイバ、4ファイバのBLSR (bi-directional いるのは4ファイバBLSRの場合の反対方向の伝送路 いる。これらは、伝送路及びOADM装置の冗長化の為 に散けられており、システムの冗長化については、後述 [0019] 図9、10は、AOTFを使ったOADM line switch ring) 等の構成がある。同図の場合、4 対方向の伝送路のOADM装置に散けられるLBスイッ ゲへの伝送ケーブルを示し、伝送路 (b) と記載されて のOADM装配に散けられる光1+1プロテクションス イッチ(1+1SW)への光価母伝送ケーブルを示した 路が現用と予備に冗長化されている様子が描かれてい

【0080】 現用の伝送路から入ってきた光信号は、光 CFによって分散が補償され、スイッチ部PSW1に入 均幅部ILAで均幅されると共に、分散補償ファイバD ファイバのBLSRと4ファイバのBLSRのいずれを 使用しているかによって、いずれかのスイッチのみが設 力される。スイッチ部PSW1では、LBスイッチと1 +1スイッチとが設けられているが、ネットワークが2

り、ドロップ光がドロップされ1×8カプラを有するカ 【0081】 スイッチ師 b S W 1 を通過した光信号は、 チューナブルフィルタモジュールで甘述した作用によ

1で増幅される。そして、増幅された光借号は、分散補 プラ部CPL1に入力される。1×8カプラでは、ドロ ップされた故畏を全て含んでいる故畏多重光倡号を8つ に分岐し、トリピュータリ局の受信部へと送信する。チ スイッチ部PSW2の2×2カプラに入力される。トリ ビュータリ扇から送信されてくるアド光信号は、カプラ 斯CPL4の1×8カプラで合放され、光アンプPWA 因ファイバDCFで分散補償され、スイッチ部PSW2 ューナブルフィルタモジュールをスルーした光信号は、 の2×2カプラでスルー光と合放される。

【0082】カプラ部CPL4の1×8カプラの前段に これは、カプラ部CPL4がちゃんと装着されているか 【0083】2×2カプラで合放されたスルー光とアド 光モニタが各波長のアド光信号毎に散けられているが、 否かをモニタするために設けられているものである。

び、LBスイッチを通過して、光アンプPWA2で増幅 光は、冗長化のために散けられた1+1スイッチ、及 されて、伝送路に送出される。

[0084] 図10は、図9の具体例におけるトリビュ ータリ局側の構成を示した図である。受信側では、OA DM装置からドロップされ、分岐された光信号の数だけ 受信器TRB#1~#8(1)が散けられる。受信器T RB#1のみ内部構成が示されているので、これについ て説明する。他の受信器TRB#2~#8(1)も同様 の構成である。

[0085] 先ず、ドロップされた光信号は8波からな されると、光アンプAMP 1 で増幅される。光アンプA 変換を行うトランスポンダ#1に入力される。詳細な構 成は省略されているが、トランスポンダは#1~#4の っており、この光信号が受信器TRB#1 (1) に入力 る。均幅された光信号は、カプラ部CPL2の1×4カ ここでは、4つに分岐されている。次に、光信号の波長 4つあり、それぞれ1×4カプラから出力される光信号 MP1は、励起光版BSTから励起光を受け取ってい プラでドロップされた光信号の波長数分に分岐される。 を受信する。

の光信号が選択され、光受信器ORによって電気信号に れ、デジタルフリップフロップDーFFおよび増幅器を てきており、レーザパンクLDBKから送られる複数の 力される。そして、AOTF1で選択された光信号は変 **信される。このように、他のネットワークにデータを送** 【0086】トランスポンダ#1に入力された光信号は **被長避択フィルタとしてのAOTFにより、1つの被長** は、送信回のレーザベンクLDBKからの光が送信され 被長の中から適当な被長がAOTF1で選択されて、入 關器Modで変調されて出力される。出力された光信号 は、光アンプPOAで増幅された後、AOTF2で増幅 器のノイズ成分が取り除かれ、他のネットワーク等に送 変換される。この電気信号は、分配器で2つに分岐さ 通って、変調器Modに印加される。変調器Modに

 Ξ

育する場合には、ドロップされた光信号のままでは伝送 できない可能性があるので、どのような故長にでも変換 ローラに検出されて、変闘器Modの動作を安定させる 変闘器Modの出力は1×2カプラで分岐され、コント できるようにトランスポンダが散けられている。また、 ためにフィードバックがかけられる。

闕に使うための光が送信されてくる。この光は、送信器 方、送信側では、不図示のレーザパンクLDBKから変 #1~#8 (2) のカプラ部CPL5に入力される。入 ているか否かをモニタするための光モニタを通過し、次 P#1~#4によって増幅される。このうち、アド光信 【0087】このように、受信回のトランスポンダの助 カすると、先ず、カプラ部CPL5がちゃんと接続され に、1×8カプラで8つの光に分岐され、光アンプAM 他の4つは、受信回のトランスポングに光信号の被長変 **身を生成するために使用されるのは、4つのみであり、** 作は、図8の光変闘部のものと基本的に同じである。 検用光として送られる。

ラで合成され、OADM装置にアド光信号として送信さ 生成のために使われる4つの光は、トランスポンダ#5 で分岐した後、AOTF5で波長を避択し、光受信器O Rで電気信号に変換する。この後の動作は、受信側のト ランスポンダと同様なので説明を省略する。そして、A OTF4から出力されるアド光偕号は、同様に生成され 【0088】レーザベンクからの光のうち、アド光信号 のAOTF3に入力され、アド光信号生成のための被長 **ペきゲータは、他のネットワークから光信号で送信され** が選択され、変調器Modに送られる。アド光を変闘す **てきたものを光アンプAMP2で均幅し、1×4カプラ** たトランスポンダ#6~#8までの光佰号と1×4カプ

リビュータリ局のアド光信号送信側が接続されるべきも [0089]図11、12は、AOTFを使ったOAD M装置の具体的構成の第4の例を示す図である。図11 の構成は、図9の構成とほとんど同じなので、概略説明 する。なお、同図の場合には、アド側に結線がなされて いないが、省略されているだけであって、実際には、ト

【0090】伝送路より入力した光信号は、光増幅器で 増幅され、分散補償ファイパで伝送路の分散が補償され アンプPWA1で始幅され、分散補償ファイバDCFで れる。ここでの切り替えは、ネットワークが採用してい て、現用・予備切り替え用スイッチ部PSW1に入力さ LSRを前提としている。スイッチ部PSW1を通過し 光がドロップされ、ドロップ光信号は、1×8カプラで れる。アド光信号は、2×8カプラで合放された後、光 る冗長構成によって変わるが、ここでは、4ファイバB た光佰号はチューナブルフィルタモジュールでドロップ トリピュータリ局の受信倒へ送信される。スルー光信号 はそのままスイッチ師PSW2の2×2カプラに入力さ

ワークがサポートしていない場合には、トランスポング

分散補償された後、2×2カプラでスルー光と合散され トが1つ多いカプラを使っているのは、合故された光信 **号の状態をモニタしようとするときのための便宜を考え** てのことである。 なって、必ずしも2×2カプラや2× る。ここで、2×2カプラや2×8カプラはそれぞれ1 **梅阻平11-289296** ×2カプラや1×8カプラでもよく、ここで、出力ポー 8カプラを使用しなければならないことはない。

光佰号は、現用・予備を切り替えるためのスイッチ (1 【0091】アド光信号とスルー光信号とが合設された +1スイッチ及びLBスイッチ)を通過した後、光アン プPWA2によって増幅され、伝送路に送出される。

でないときには、単故畏ネットワークに接続する前段に 【0092】図12は、トリビュータリ局の受信側構成 からである。1×4カプラで分岐された光信号は、それ ぞれに散けられているAOTFに送られ、それぞれの故 長の光信号が選択される。各改長11~14の光信号が にそのまま送信される。なお、単放長ネットワークがサ ポートする光信号の波長がドロップされた光信号の波長 **政長変換を行うトランスポンダを殴けて、サポートされ** の変形例を示した図である。受信的TRB#1は、トリ ビュータリ周の次段に接続するネットワークが単数畏ネ ットワークの場合の構成である。OADM装置からドロ ップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで始 幅された後、カプラ部CPL2の1×4カプラで4つに 分岐される。ここで、分岐する数が4であるのは、OA DM装配でドロップする被長の数が4であるとしている **週択されると、これらは、そのまま単波長ネットワーク** ている波長で光信号を送信するようにする。 ន

【0093】受信部TRB#2は、トリビュータリ局の 抽出された光信号は、単数長用の光アンプPOAで的幅 合故され、故畏多瓜ネットワークに送伯される。もちろ **大段に接続するネットワークが多数長ネットワークであ** るが、4波までの波長多瓜システムである場合を示して いる。OADM装置からドロップされてきたドロップ光 信号は、光アンプAMPで増幅された後、1×4カプラ られた波長遠択卸TFR#1~#4に入力される。 AO 怕述したように、光アンプPOAのノイズを除去するた めのものである。このようにして、故長避択部TFR# 1~#4で抽出されたドロップ光信号は2×4カプラで で4~に分岐され、1×4カプラの出力ボート毎に散け ん、ドロップされたままの故長を次段の故長多肚ネット TFはドロップ光信号の中から1故のみを抽出される。 され、再びAOTFに入力される。後段のAOTFは、 40 ಜ

【0094】受信部TRB#8は、4被以上の被投多瓜 50 に使用されているように、AOTFを2段に使って、故 光信号をサポートしているネットワークに接続する場合 のトリピュータリ局の構成を示している。4 被以上のド ロップ光佰号の波長を選択する場合には、OADM装置 を介して、彼長を変換して接続するようにする。

(12)

(16)

のAOTFによる光信号のドロップのための構成及び動 **ルタドライバTFDによって駆動される。OADM装置** でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによっ て選択されるので、2段目のAOTFのスルーポートに て、2段目のAOTFのスルーポートから出力される光 は破棄する。その他の構成及び、動作は、OADM装置 艮を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィ は、原理的にノイズ以外は光信号は出てこない。従っ 作と同じなので、説明を省略する。

【0095】このようにして、選択された被長のドロッ り、次段のネットワークがドロップされたままの光信号 プ光信号は、2×2カプラで合放され、増幅されて、次 段の故長多重ネットワークに送信される。尚、前述の通 の波長をサポートしない、あるいは、別の光信号を使用 している場合には、彼長変換して次段のネットワークに

の特性と、反射鏡間の光学的距離に依存する。特に、同 を構築するためには、任意の被長の光倡号をドロップで ので、波長を任意に変えることのできる光顔が必要であ には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振 反射鏡間の光学的距離を変えなくてはならないが、この はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいの 【0096】図13は、アド光信号を生成するための光 を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概 念を説明する図である。任意波長型のOADMシステム きるだけではなく、対応する任意の故長の光信号をアド できなくてはならない。 そのためには、トリビュータリ 局側で任意の波長の光信号を生成できなくてはならない る。しかし、現在光顔として広く使われているレーザダ で、反射鏡間で光を往復させる間に強度の強い光を放出 するという構成をとっており、発板被長はこの発光媒体 方法があまりないというのが現状である。現状考えられ る光学的距離の変更の仕方は、反射鏡の位置を機械的に 移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変 **化させるというぐらいである。 反射鏡を機械的に動かす** のは、レーザが可動部を有することになるので、反射鏡 の位置が狂いやすく、安定したレーザ発振を行うことが できない。また、温度を上下して波長を変化させる場合 で、故長多重システムのグリッド全体をカバーすること イオードは、波長を変えることが難しい。というのも、 じレーザで異なる被長を発振させようとする場合には、 もともとレーザというのは、発光媒体を反射鏡で挟ん

【0097】そこで、本実施形態では、使用する可能性 のある全ての波長を発振波長とする個々のレーザダイオ 一ドを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ね て1つの光とし、これを様々な所に使用することとし

る通りであり、波長11~1nをそれぞれ発板波長とす 【0098】レーザバンクの構成は、同図に示されてい

に送信される光信号は存在しない。このように、システ

ムの初期状態では、全てのパスが閉じられ、どこも光信

号を受信しない状態となる。

20

し、ずれが生じた場合には、発板波長にずれの生じたレ ーザダイオード139の駆動電流あるいは温度を調整し るレーザダイオード139を設け、それぞれに発振させ る。それぞれが発振する波長は、スペクトルモニタ13 3 で監視され、予め定められている基準波長値と比較 て、発版波長が所定の値になるように調整される。

して、光アンプ136で増幅され、分配器131で必要 【0099】各レーザダイオード139が発板する光信 号は、合波器138で合波され、1つの光とされる。そ な数だけ分岐される。

パンドパスフィルタ等で必要な波長をレーザパンクから [0100] この光を使用する場合には、AOTF等の チューナブルフィルタ132、あるいは、使用する故長 が固定しているのであれば、選択被長の固定されている の光から抽出し、外部変調器135で変調をかけ、光ア ンプ137で増幅して送出する。 【0101】このように、複数の波長の異なる光源の光 している故長の光であれば、どの故長であってもフィル タで抽出して使うことができる。特に、波長分割多重通 信システムでは、各チャネルの光信号の波長が1TUー を合政して、これを利用するようにすれば、光源の発振 Tの勧告で規定されているので、それ以外の波長を任意 に使用することはないと考えてよいので、レーザバンク を使用すれば十分である。

8

[0102] 図14~図20は、OADM装置における 40は、32波全ての波長を選択するように、RF信号 リ局側へ送信される。トリビュータリ局では、送信され ドロップ用AOTFの制御方法を説明する図である。な お、図にはAOTFが1つしか記載されていないが、前 【0103】図14は、OADM装置を含むOADMシ ステムの初期状態を示している。入力側から例えば、3 システムが稼動する前は、光信号がどこにも出力されな い状態が好ましい。そこで、OADM装置のAOTF1 発振器からRF信号をAOTF140に印加する。する されてしまい、スルー側(出力側)には光信号が出力さ てきた光信号を光カプラ142で分岐し、各波長の光信 AOTF143は、ドロップすべき波長を選択するので あるが、初期状態では、AOTF143に入力側から伝 送されてきた32故の光信号からは、漏れ光等が生じな い程度に十分離れた位置を選択波長とするようなRF信 号を入力する。このようにすれば、32故の内、AOT と、入力側から入力された32故全ての故長はドロップ れない。従って、32波全ての光信号は、トリビュータ F143で選択される波長がないので、光受信器144 述したようなAOTFを2つ用いる場合も同様である。 2波の波長多重光信号が送信されてきた場合に、まだ、 号を選択するAOTF143に送る。通常動作時では、 49

[0104] なお、AOTF143は、常に1波長を選 択するためのRF信号が印加されるので、光信号を選択 しない場合にも、32故以外の場所を1つ選択するよう なRF借号を印加しておく。これにより、AOTF14 合もしない場合も同じになり、AOTF143の動作を 3に印加されるRF信号のパワーが光信号を選択する場 安定化させることができる。

ルーする場合には、AOTF140には、32故の改長 [0105] 図15は、OADM装置によるドロップが 行われない場合のAOTFの制御方法を示している。ス 以外の場所に選択波長を設定するようなRF信号をRF **信号発振器141で生成して、印加するようにする。R** る。これは、図14のとき、AOTF140に32故分 のRF信号が印加されていたので、AOTF140の特 性をあまり大きく変えないようにするため、わざと32 F信号は光信号は選択しないが、32個の波長を選択す るような32個の周波数からなるRF信号が印加され 個の周波数のRF信号を印加しているのである。

光信号はドロップされない。したがって、光カプラ14 32故以外の故長位置を避択するようなRF信号を印加 1個の周波数からなるRF信号である。これは、前述し の変化によって変わってしまわないようにするためであ たように、AOTF143の動作が、RF債号のパワー 【0106】これにより、32故全ての光信号はスルー 側(出力側)に送信される。トリビュータリ局側には、 2にも光信号は入力されないが、AOTF143には、 しておく。このRF信号は1波のみを選択するような、 る。従って、光受信器144では光信号は検出されな [0107] 図16は、OADM装置でドロップはしな いが、入力される光信号が改長毎に異なるパワーを有し なお、同図では、波長が11~132に行くに従ってパ ワーが大きくなる、いわゆる、チルトが起きている場合 のみを示しているが、各被畏のパワーが全くパラバラで ている場合のAOTFの制御方法を説明する図である。 も同じ作用を得ることができる。

OTF143からは光信号が出力されない。従って、光 [0108] すなわち、AOTF140に印加されるR パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするよ うにし、パワーの小さい故長の光信号はより少なくドロ 2で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32故 の波長域から十分離れた位置に散定することにより、A F信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号の ップ、あるいは、全くドロップしないようにする。この ようにすることによって、スルー館 (出力館) に出てく トリピュータリ局側には、AOTF140に入力された る。この光は、光アンプで増幅されたり、光カプラ14 る光信号はパワーが揃って出てくるようになる。一方、 時のパワーに応じた量のドロップ光が表れることにな パワーも異なってくるので、RF発振器141からは、

受信器144では、光信号を受け取ることが無く、ドロ ップ動作は行われないことになる。

梅開平11-289296

[0109] このように、AOTF140を波長をドロ 違いをなくすために使用することによって、システムの ップする為だけに使うのではなくて、波長毎のパワーの 伝送品質の向上に役立てることができる。

[0110] なお、AOTF140には、やはり、常に 1故のみを選択す為の1個の周波数のRF信号を印加す 32個分の波長を選択するための32個の周波数のRF 43の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択す るようにしておく。これにより、AOTF140及び1 信号を印加するようにしておき、AOTF143には、 る波長の数によらず、安定させることができる。

アで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置で 【0111】なお、上記した波長毎のパワーの違いを補 質する動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェ ドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する 図である。

2 波の光信号が入力されると、AOTF140には、波 長ん2とん32とを選択するようなRF信号が印加され を選択するような30個の周波数のRF信号をRF信号 に、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波 AOTF140に印加されるRF信号は32波分を選択 132のみをドロップする場合を考える。入力側から3 するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 **【0112】ここでは、故長11~132の内、12と** 12と132のみである。残りの故長の光信号はスルー 発版器141で生成して、印加しておく。これにより、 ると共に、AOTF140の動作を安定化させるため ន

のみを選択するように1波のみを選択するための1つの は、波長12を選択し、もう一方は故長132を選択す る。このようにして、光受信器144の一方では、波長 12の光信号が受信され、もう一方では、波長132の AOTF143に入力される。AOTF143は、1夜 周波数のRF信号が印加される。AOTF143の一方 [0113] ドロップされた故長12と132は、トリ ピュータリ局側へ送られ、光カプラ142で分岐され、 光信号が受信される。

寅 (田力園) へ送出される。

30

は、常に同じパワーのRF信号を印加するようにしてお き、AOTFの動作の安定を図る。また、故長多重され た光信号間のパワーの違いを抑える働きも特たせること [0114] COLOC, AOTF1402143E ができる。 【0115】図18は、トリピュータリ局側での避択故 長のトラッキングについて説明する図である。OADM 装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カ に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。し かし、温度変化やRF信号の周波数のずれなどにより、 プラ181でドロップされた波長数分(同図では4波)

因波数を値かに変えて、あるいは、AOTF182に印 ドロップされた光信号の故長とAOTド182の遊択故 Rされた光信号を監視し、光信号の波長とAOTF18 2の週択故長とを一致させる必要がある。そこで、AO TF182の後段に例えば、10:1カプラ183を散 イオードPD185でパワーを検出して、その結果をト ラッキング回路186に送るようにする。トラッキング 回路186では、AOTF182に印加するRF信号の し、PD185で受信される光信号のパワーの変化を検 出し、各PD185で受信する光信号のパワーが吸も大 きくなるように制御する。これは、RF信号の周波数を き、周波数の大きいほうに扱ったときと小さいほうに扱 が小さくなれば、中心の周波数のとき光倡号の受信パワ 及とがずれることがある。従って、AOTF182で選 け、大半を光受信器で受信すると共に、一部をフォトダ 大きいほうと小さいほうに扱るように僅かにずらしたと ったときの両方でPD185で受信する光信号のパワー 一が吸大であることを示す。トラッキング回路186 加するRF信号のペースの周波数に低周波成分を重型

[0116] 図19は、OADMシステムのAOTFの 全体の制御を示す図である。同図で、図18と同じ番号 のついているものは同じものなので詳しい説明を省略す

は、このような状態を検出するようにRF佰号を騆盤し

て、トラッキングを行う。

の故長を週択する場合に、適切に、ドロップすべき光信 [0117] OADM装配のAOTF180でドロップ された光倩号が光カプラ194で分岐され、1×4光ス **号の波及にマッチした助作を行っているか否かを検出す** の波長とAOTF180の遊択波長特性とがずれている **御CPU193に入力され、AOTF180が適切に助** イッチを介して光スペクトルモニタ192に入力されて いる。これは、OADM装置のAOTF180が光信号 るためのものである。すなわち、ドロップすべき光信号 協合には、ドロップすべき光信号のスペクトルを完全に き起こして好ましくないので、AOTF180に印加す るRF信号の周波数とパワーを制御するためである。光 スペクトルモニタ192の解析結果は、OADM装置制 ドロップすることができず、光信号に被形劣化などを引 作するようにRF値号の制御信号が出力される。

カする。トラッキング回路203はOADM装置制御C 50 【0118】また、図18で説明したトラッキング回路 186もOADM装置制御CPUと情報を交換し、AO AOTF200によって被長ש択されるが、この故長題 択も適切に行われているか否かを監視し、AOTF20 0を制御するために、光カプラ199で光を分岐し、P TF182を適切に動作するように制御する。トリビュ **一タリ局のアド光信号生成倒では、LDパンク202か** D198で受光して結果をトラッキング回路203に入 ら出力された光が、光カプラ201によって分岐され、

196で放長週択を受ける。このAOTF196は、A CPU193が取得し、直接AOTF196に印加され PU193と情報を交換しながら、図18で説明した処 **埋と同様の処理により、AOTF200をトラッキング** する。光カプラ199から出力された光は、光変顕器1 97によって変闘され、次段で増幅された後、AOTF トラッキング回路203が得た情報をOADM装置制御 るRF信号を制御する。これにより、AOTF196と OTF200と同じ避択故畏を有する必要があるので、 AOTF200は同じ被長週択特性を有することにな

AOTF196を通過した光信号は、アド光信号として 光カプラ195で合放され、途中分散補償ファイバで分 散補償されて、AOTF180をスルーした光信号と光 り、同じ故長の光信号を適切に避択することができる。 カプラ190で合放される。

193で制御倡号生成に使用され、AOTF180やA [0119] アド光信号が合波された光信号は、増幅さ れると共に、アド光信号が正常にアドされているか否か を検出するために、光カプラ191で分岐され、1×4 光スイッチ204を介して光スペクトルアナライザ19 2で解析される。この結果は、OADM装置制御CPU OTF196、あるいは、トラッキング回路203を介 してAOTF200を制御する。 2

【0120】1×4光×イッチ204には、逆方向伝送 192が高価で、且つ、大型であるため、各所にそれぞ れ散けるのはコスト的にも小型化にも好ましくないから である。そのかわり、光スペクトルモニタ192は、光 スペクトルの解析とデータの送出とを並列に行うことが できるように構成されており、1つの光信号のスペクト ルの解析が終わったら、データの送出を待たずに、次の 光盾号のスペクトルの解析を始めることができるように は、光信号のスペクトルの分析とデータの送出とが同じ 用のOADM装置及びトリピュータリ局からの光信号も 入力され、順次切り替えて光スペクトルモニタ192に 入力するようにしている。これは、光スペクトルモニタ なっている。通常、光スペクトルモニタ192において 位の時間だけかかるので、データの送出を待ってから次 の光信号の解析を始めるのは測定時間を長引かせ効率的 でない。そにで、1×4光スイッチ204巻、光スペク トルモニタ192が光信号のスペクトル解析が終わった ら、次の光信号に切り替えるように制御する。

内部にROMを持ち、AOTF180がドロップする時 に、AOTF180に印加するRF信号のデータ、スル 一時のRF信号データなど複数のRF信号の印加状版を **遊扱しておく。このROMのデータを用いてAOTF1** 80に印加するRF信号の発振周波数の股定値を変更す ることで、瞬時に所定のRF周波数とパワーを印加する [0121] なお、OADM装置制御CPU193は、 ことを可能としている。

【0122】AOTFの全体制御において、動作シーケ

特阻平11-289296

変更することなく固定被受型から任意被長型へのアップ [0126] このように、AOTF及びレーザバンクを 用いることにより、OADMのハードウェアをほとんど グレードが可能となる。

る。AOTFは、ニオブ酸リチウムの基板に同図太線の ように光導被路を形成し、導被路の交叉する部分に偏光 交互にかみ合わせたような耽極に印加される。1 DTに (SAW)が発生し、基板の装面を伝播する。このSA Wが伝播することによる影響は、基板内部の光導波路に もおよび、屈折率を周期的に変化させて、基板内部に導 い破長板のような構造を形成する。SAWガイドは、基 板安面に貼り付けられた金属膜であり、SAWはこのガ DT (inter digital transducer) と呼ばれる、櫛を [0127] 図21は、AOTFの構成を示す図であ ピームスプリッタPBSを散けている。RF信号は、 所定の周波数のRF個号が印加されると、弾性数面波 イドに拾った遊行する。 2

ドとTMモードとが混在したものであるが、PBS1で TMモードとTEモードに分かれて別々の導波路を伝播 する。ここで、入力された光信号のうち、SAWとちょ うど相互作用する波長の光があると、上配した、噂い波 わる。従って、PBS2での当該波長の迪行方向が変わ ちょうど相互作用する被長以外の被長の光は、SAWの 影響がランダムに働き、TEモードとTMモードの入れ [0128] 光入力から入力される光信号は、TEモー **長板の作用により、TEモードとTMモードとが入れ替** り、ドロップ光信号として出力される。一方、SAWと 換えが超こらない。 従って、そのような彼段の光は光出

ているので、SAWと相互作用し、TEモードとTMモ ードとが入れ替わって、光出力として送出される。この と、PBS1でTEモードとTMモードとに分岐されて 進むが、アド光信号はドロップ光信号と同じ波長を有し 【0129】同様に、同図のアド光信号が入力される ようにして、光伯号のアド助作が行われる。

[0130] ところで、ニオブ酸リチウムは、故屈折の 特性を有しているので、TEモードの伝搬速度とTMモ たまま光出力として送出されてしまう。一方、モード変 ドとTMモードでいるので、両方のモードで伝播する光 モード変換を受けない被長の光は偏波モード分散を受け 換を受ける波長の光は導波路内でほぼ同じ時間TEモー 学的長さが同じとなり、臨故モード分散は打ち消されて **ードの伝搬速度は導波路内や異なったしまう。 従った、**

[0131] なお、このようなAOTFにおいては、専 スを小さくしたり、選択特性の被長幅を狭くすることが できる。遊択特性の波長幅を狭くすることにより、クロ 故路のパラメータ (長さ等) を適切に避んでやると、ロ ストークを小さくすることができる。また、SAWガイ 出力される。

ドを斜めに配置したことによっても、波長選択特性のサ

ස

を駆動する。AOTF180の動作が安定したら、光受 196、200を駆動し、動作が安定したら、光変調器 ンスは以下のようにする。すなわち、AOTF182を **吸初に駆動し、動作が安定したら、次にAOTF180 信器184でドロップ光信号を受信する。次にAOTF** 197を駆動し、アド光信号を送出する。

る。ところで、AOTFはロスが大きいので、通常AO パワーに一対一に対応するので、光も50~60msか けて立ち上がるようになる。RF伯母の立上げ方として [0123]図20は、AOTFへのRF信号の印加の 仕方を説明する図である。AOTFに突然RF信号を印 て、AOTFが突然光信号を選択し、光アンプに急に強 すれば、AOTFで選択される光のパワーはRF信号の は、アナログ的に滑らかに上昇させる方法もあるが、デ ジタル制御することを考え、50~60msをn(nは 自然数)ステップに分けてRF信号を上昇させるように **度の大きい光が入力されると、光サージ現象が起きてし** にいっぱいのパワーまで上げるようにする。このように する。nは、設計時に回路をできるだけ簡単化しながら まう。これを防ぐためには、光アンプに入力される光が そこで、RF信号のパワーを50~60msかけて徐々 TFの後段に光アンブが挿入される。この構成におい 50~60msの時間をかけて立ち上がる必要がある。 加すると、対応する光信号が突然選択され、出力され **吸道な効果が得られるように設定されるべきものであ**

[0124] 以上説明したような、AOTFを用いたO ADMでは、次のようなアップグレードが可能である。 即ち、OADMの初期導入時には、アドするチャネル

カヘスルー光として出力される。

ಜ

おき、チャネル固定型のOADMとして運用する。この (被長) 及びドロップするチャネル (被長) を固定して 場合、AOTF10に印加するRF信号周波数f1、f ドノドロップするチャネルが固定であるため原理的には RF信号周波数を変化する必要がなく、制御が容易であ 2、・・・fnを固定することによって実現できる。ア

f 1、f 2、・・・f nを可変にする機能を散けるだけ 【0125】 次に、任意のチャネル (故長) をアドノド れる場合には、AOTF10に印加するRF信号周波数 で実現できる。例えば、図1において、ドロップするチ には、LD19、8×8カプラから構成されるレーザバ ナネルを変更する場合には、AOTF10に印加するR ューニングすれば良い。この場合は、AOTF14に印 加するRF伯号周波数を選択する波長に合わせて変化さ ロップする機能を有する任意被長型のOADMが要求さ F 信号周波数を変更するチャネル (故長) に合わせて変 **贝すればよい。また、アドするチャネルを変更する場合** ンクを設け、8×8カプラから出力されるWDM光(故 **艮多<u>頂された光</u>)から**週択する被畏をAOTF14でチ

イドローブを小さくすることができたり、RF信号のパ Sを工夫することにより、ロスの偏波依存性をなくすこ ワーが少なくて済むなどの効果が得られる。また、PB

成では、1TU-T G. 692で規定される0.8n [0132] 図22は、図21のAOTFの透過特性を 示した図である。同図には、ドロップポートの変長選択 特性あるいは透過特性を示している。同図に示されるよ M) も0.65nmとなっている。従って、図21の構 m間隔のグリッドに配置される波長をクロストークを少 うに、サイドローブが多く形成され、半値幅(FWH なくして、選択するのは困難である。

これによれば、0.8nm間隔のグリッドに配置されて 択した場合の故長選択特性である。1段のAOTFの半 と、彼長選択特性の幅が広がっているのが同図(a)か らわかる。同図 (a) を拡大したものが同図 (b) であ いる光信号を選択することが精度良くできるようになる 【0133】図23は、図21のAOTFを3段モノリ シックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選 値幅が0. 65であるものを3段カスケードに接続する 9、半値幅が0.39nmとなっていることが分かる。 と共に、サイドローブの位置を調整することによって、 クロストークをよくすることができる。

装置に使われているAOTFは全て、3段のAOTFを モノリシックに形成し、同一周波数のSAWで被長避択 【0134】従って、図5~図12で説明したOADM 動作を行わせている構成を前提にしている。

あり、1℃温度が上がると選択波長が0.73nmずれ 30 bに技術を説明する図である。AOTFは温度に敏感で てしまう。WDMシステムにおいては、0.8nm間隔 で隣のチャネルの光信号が配置されていることを考える 信号あるいは温度制御装置にかける必要がある。温度制 【0135】図24は、AOTFの温度依存性に対する と、AOTFは温度が1℃上がっただけで、隣のグリッ ドの波長を選択してしまうような特性を有している。従 って、AOTFをWDMシステムのOADM装置に使用 する場合には、温度変化に対するフィードバックをRF も、ペルチェ案子等をAOTFの表面以外に設けてしま 御装置を散けてAOTFの温度を一定に保とうとして

えば、温度勾配が生じるために表面の温度を正確に一定 にすることは難しい。また、直接表面の温度を制御する 受けることから表面の温度を何らかの方法で正確に検出 ことも考えられるが、構造上ペルチェ繋子等温度を上下 た、温度センサもAOTFの表面の温度を正確に削らな ければならないので、従来の温度センサでは、その設置 方法も難しい。しかし、SAWがAOTFの表面を伝播 するものであって、AOTFの表面の温度に一番影響を し、表面の温度に対応した適切なフィードバックをかけ する素子をAOTFの表面に散けることは難しい。ま

【0136】そこで、本実施形態では、共振器の発振周 **改数が温度により敏感に変化することを利用して、AO** TFの表面に共扱器を作成して表面の温度を測定する。 その構成を示したのが、図24である。

周波数からAOTFの表面温度を取得する。表面温度の 【0137】3段構成のAOTFの横の基板の表面上に 周期A、対数NのIDTを設け、共振器を構成する。発 振回路240は、共振器用1DTを発振させるように信 信号を送信する駆動回路242に送られる。駆動回路2 号を送信し、共振器を共振させる。周波数カウンタ24 内、共振器が共振を起こした周波数をカウントし、その 情報は、フィードパックとしてAOTFのIDTにRF AOTFに印加するRF信号の周波数を制御し、AOT Fが正確に所望の故長の光信号を選択できるように調整 42は、温度の変化による選択波長のずれを計算して、 1は、発振回路240から発振された信号の周波数の する。

[0138] 図25は、共板器の温度依存性を示す図で ある。同図によれば、IDTの周期が20μm、対数が 200本の場合、20℃~70℃の広い範囲で、周波数 の変化がほぼ直線となっていることが分かる。同図によ れば、共振器の温度係数は、-14.1kHz/℃であ る。共振器の周波数は電気回路で検出すれば良いが、通 常の共振器の共振周波数を180MHzとして、1秒ゲ [0139] 従って、上記技術によれば、AOTFの表 面温度を非常に精度良く測定することができるので、測 定された共振周波数に基づいて、RF信号の周波数を調 整してやれば、精度の良い透過特性の制御を行うことが 一トを使用して共振器の共振周波数を計測したとする と、1万分の1の精度で温度を測定できることになる。

【0140】なお、上記では、AOTFの温度変化によ る選択波長の変化をRF信号の周波数を変えることで補 貸する点について述べたが、AOTFの温度を制御する この場合、ペルチェ素子をAOTFの表面に近い位置に 配置し、温度を変化させることによって選択波長を制御 する。この場合、RF信号で制御するのとは異なり、選 で、経時劣化などによって、選択波畏全体がずれを起こ ことによって、選択波長を制御することも可能である。 **収放長全てをスライドするように波長シフトできるの**

【0141】図26、27は、3段構成のAOTFの選 図26、27において、AOTFによる選択波長は4つ している。AOTFに生成されるSAWは理想的な正弦 故ではないので、揺らぎが生じる。従って、周波数成分 クロストークを生じる。AOTFで選択する波長が互い にサイドローブが生じ、これにより、選択される被長に とし、3段構成のAOTFの各段に、同じ周波数成分を 持つSAWを発生させて、波長選択させる場合を前提と **R特性の揺らぎと揺らぎ防止対策を説明する図である。** している場合などに有効に使用できる。

3

に離れている場合には、サイドローブが非常に小さくな 相を制御して、ピート等を打ち消すようにする。図26 は、3段構成のAOTFの格段に生じるSAWの位相差 がない場合を示している。同図 (a) は、4つのチャネ で、本実施形態では、AOTFに印加するRF信号の位 ルを選択するために発生されるSAWが互いに位相差O ず、進行波としてAOTF上を進行しているので、光信 るので、クロストークの発生は無視できる程度となる が、互いに近接している場合には、クロストークによ り、出力される光信号のパワーがビートを生じてしま う。また、AOTFのSAWは定在波とはなっておら 号にドップラー効果による故長シフトを生じる。そこ

[0142] 同図 (b) の①は、AOTFの選択波長特 性が時間とともにどのように変化するかを示したもので あり、彼長特性の縦軸は線形スケールである。〇は、〇 の縦軸をデシベル表示したものである。いずれも横軸は 故長である。また、②と倒はスルーポート側の故長強択 特性を線形 スケールとデシベルスケールで示した もので

。となっていることを示している。

すことが分かる。この揺らぎは、対応する被長の光信号 の揺らぎを引き起こす。選択波長の時間の経過に伴う揺 らぎの様子を示したのが働であり、個は、スルーポート 則のドロップされた光波長のスルー側への漏れ具合を示 故長選択特性は、時間が経過するに従い、 揺らぎを起こ をドロップしようとした時、選択被長の光信号のパワー [0143] 同図 (b) の①~@から明らかなように、 したものである。

AOTFに単純に放長選択のためのSAWを発生させた のでは、選択された波長のパワーに揺らぎが生じ、これ 【0144】 同図 (b) から分かるように、3段構成の が大きくなると強度変調されている光信号のデータを正 常に受信側で受信できなくなる可能性を示している。

同図(b)である。①~④に示されるように、故長選択 ように、本実施形態では、3段構成のAOTFで4つの [0145] 図27は、AOTFの選択特性の揺らぎを AWの位相を周期的に変えてやる。このように、SAW 特性の時間経過による揺らぎが抑圧されているのが分か 坊止する方法を示した図である。同図 (a) に示される チャネルを選択する場合、それぞれを選択するためのS る。ここで図26と同様に⊕と●は故長選択特性を縦軸 時間経過による変化を重ね審きし、波長選択特性の縦軸 の位相制御を行った場合の波長選択特性を示したのが、 を線形スケールに探って示したものであり、回と倒は、 をデシベルスケールで示したものである。

【0146】⑤はドロップボートに出力される選択被長 のパワーレベルの変化を示した図である。同図(b)の パワーの描らぎが构圧されていることが分かる。パワー のは、図26(b)の⑤と比較すれば明らかなように、 カレベルは0 デシベルから少し下がっているが、これ

特開平11-289296

は、ドロップポートに出力される光信号のレベル変化を S A Wの位相制御で打ち消すことによって生じたロスで ある。また、〇には、スルーポートの選択波長光信号の

漏れ具合を示したものである。

ることによって、ドロップされる光信号のパワーに生じ 【0147】このように、SAWをAOTFに印加する 場合、3段構成の各段に発生するSAWの位相を制御す た、スルーポート側でも漏れ光が極端に多くなったりす ることがなくなり、AOTFの故長選択特性が良くなる るピートを抑制することができることが分かった。ま ことが示されている。

るのみではなく、各段に発生するSAWの位相をRF信 することができる。従って、AOTFの波長選択時に生 じるピートを抑制して、強度変羈された光信号をより正 【0148】このように、AOTFを単に3段構成にす 号の位相を制御することによって、変えてやることによ って、AOTFの波長選択特性をよりプレーンなものと 確に受信することができるようになる。

の発振器を必要どするだけ用意しておき、これらの発振 [0149] 図28は、AOTF駆動回路の概略構成を 示す第1の例である。AOTF駆動回路を形成するに当 たり、RF信号の発振周波数に対応する固定発振周波数 AOTFを駆動する方法が1つの駆動回路構成方法であ RF信号を適宜選択してAOTFに加えることにより、

【0150】同図は、チャネル1用に発振器OSC1が 多重システムで使用される全てのチャネルに対して、発 チャネル3用に発振器OSC3が、準備され、波長分割 用意され、同様に、チャネル2用に発振器OSC2が、 板器OSCnまで散けられている。 【0151】これらの発振器OSC1~nは固定周波数 発振器であって、これらが発振する信号をディバイダで それぞれ3つに分割し(AOTFは3段構成で、RF信 号を印加すべき 1 DTが1 つのAOTFについて3 つあ るとしている)、1つは、位相遅延無しでカプラに入力 される。2つめは、図27 (a) の表にあるように、R F信号に位相遅延を与えるために位相遅延部が設けられ ている。同図の場合、1つの位相遅延部で与える位相遅 延は120°となっている。

【0152】発板器OSC1からのRF信号は、ディバ イダで分岐された後、ボート1から出力されるRF信号 2段目のAOTF#2に印加される。また、ポート3か 240°位相遅延を受けてからカプラに入力され、3段 は位相遅延無しに、カプラに送られ、1段目のAOTF ら出力されるRF倡号は、120。の遅延を2回受け、 #1に与えられる。ポート2から出力されるRF信号 は、120。位相遅延を受けた後、カプラに入力され、 目のAOTF#3に印加される。 \$

[0153] 同様に、チャネル2選択用の発振器OSC 2から出力されるRF信号は、ディバイダで分割された

[0154] チャネル3用の発板器OSC3からのRF 情号はディバイダで分岐された後、ポート1~3のいず れの信号も位相遅延を受けることなく、1~3段のAO TF#1~#3に印加される。 [0155]後は、同様に、上配発振器OSC1~OS C3までの位相避妊の仕方を繰り返し、発展器OSCn までをカプラに結構し、1~3段までのそれぞれのAO TF#1~#3にRF信号が印加される。

はいえず、また、遅延額はRF信号の被形が崩れる恐れ か、遅延椒を使用する等が考えられる。ただし、トラン があるので、本政施形態においては、ケーブルを扱くす ることによって位相遅延を与えている。ケーブルを使っ [0156] 位相避延節としては、ケーブルを畏くする とか、トランスを設け、信号を取り出す位置を変えると スを使用した場合には、信号を取り出す位置によりイン ピーダンスが異なったりするので、あまり、好ましいと た場合、R F 信号が170MH 2の場合、120° 遅延 を与えるには、35cm余分に扱くしてやればよく、2 40° 遅延を与える場合には、70cm余分に長くして やればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれの 欠点を解消するような方策をとれば、使用することがで

を示す第2の例である。図28の場合には、どのような 放及の光信号をもドロップすることができるように、各 [0157] 図29は、AOTFの駆動回路の概略構成 する光信号の波長が、対応しない発振器は、散けられて チャネル用の発板器を全て用意していたので、ドロップ いるにも関わらず、使用されない状態となってしまう。 つまり、無駄な発振器を用意していることになる。

故数を変えることができるようになっているので、発振 数を変化させることによって、対応するような回路構成 [0158]ところで、電気信号の発振器は通常発振周 する光信号の故長が変わったときには発版器の発振周故 も可能である。このような構成の概略を示したのが同図 器をドロップする破長の数だけ用意しておき、ドロップ

ಬ のディバイダによって3つに分けられたRF個号は、そ [0159] ここでは、ドロップされる光信号の波長数 は8個であると決められているとする。この場合、発板 段のAOTFのいずれかに印加するためにディバイダで バイダによって3つに分岐される。このようにして後段 器はOSC1~OSC8の8つのみを散けておく。 各発 板器OSC1~OSC8から出力されるRF信号は、3 三分岐され、三分岐されたRF借号は、更に後段のディ

C1が#1~#3のAOTFの各段に印加するべき位相 れぞれ位相遅延無し、120。位相遅延、240。位相 Fは、AOTFで選択すべき故長の数等から発振器OS **運延の三種類とされて、スイッチに入力される。スイッ** を選択するためのものである。

SC8の発振周波数が変わった場合にも、AOTFに適 切な位相制御を行ったRF債号を印加し、選択された波 [0160] 同図では、発板器のSC1に対応する構成 に対応する構成もまったく同じである。このように構成 のみが示されているが、他の発振器OSC2~OSC8 することにより、各発板器OSC1~OSC8が発板す るRF信号を所留の位相差を付けて各段のAOTF#1 ~#3に加えることができるので、発板器OSC1~0 **段の光信母のパワーのピートを平滑化することができ**

べきであって、本実施形態のように必ずしも120。に [0161]また、上配説明では、位相遅延出は120 単位であったが、散計上最も良い位相遅延畳を散定す 限られたものではない。

ステムのシステム散計を説明する図である。WDM伝送 [0162] 図30は、OADM装配を含むOADMシ システムに適用する光アンプとしては、1.5μm特に 広い利仰帯域を砕しエルアウムドープファイバアング

(EDFA) が実用段階にある。しかし、現在世界的に ードファイバ (SMF) 伝送路上で1. 5μm帯信号の 高速伝送を行う場合、あるいは使用波長帯域で分散値が 脳効果 (XPM) の2つである。SPM、XPM共、伝 **殴も普及している既散の1.3μm 帯砕分散シングルモ** 第でないnon-zero-dispersion shifted fiber (NZ -DSF) 伝送路を用いる場合、伝送路の被長分散特性 あるいは分散特性と光ファイバ中で発生する非線形効果 の相互作用で伝送故形が虿む。WDM伝送システムで分 散特性との相互作用で被形劣化を引き起こす非線形効果 は、伝送波長が1波長の場合にでも発生する自己位相変 闘効果 (SPM) と多被畏の場合に発生する相互位相変 送光信号に波長チャープを起こさせるものである。

【0163】これら光ファイパの分散特性に起因する影 このため何らかの方法でこれらの影響を抑圧する必要が 響は伝送速度、伝送距離を制限する大きな要因となる。 35

【0164】柳圧する方法として、伝送路で発生する分 る。分散補質器としては、ファイバグレーティングを用 いたもの、光干渉計を用いたもの、伝送路と逆の分散特 性を持つ光ファイバを用いたもの等様々な方法が扱案さ れている。また、送信部で予めプリチャープをかける方 法(ベースパンド信号の光強度変調成分以外に被長分散 による広がりを抑圧するために光位相または光周被数変 し、全伝送路の分散を小さくする方法が提案されてい 散と逆符号の分散を有する分散補償器を伝送路に挿入 \$

[0165] 実システムにおいては、使用する伝送路の れるため、故長によって伝送ルートが異なる。この場合 これらばらつきが生じた場合でも伝送特性に影響を与え クにおいては、各被長は任意のノードで、分岐、挿入さ 分散値、非線形係数、非線形効果の効率に大きく影響す ない方法を適用する必要がある。また、光波ネットワー る各波及の伝送路入力光パワー等にばらつきが生じる。 器との組み合わせで行う方法が投案されている。 にでも伝送品質を保持する必要がある。 【0166】従って、本虫植形態では、プリチャープと 分散補償器とを組み合わせ、さらに分散補償機の挿入位 置、分散補質量、送信部でのプリチャープ量(αパラメ **ータ)の母適化により問題を解決する。**

の固を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償 分散補償手段の補償量は、例えば、一700ps/nm テムは、同図 (a) に示されるように、送信部と受信部 れた光信号がマルチプレクサMUXによって被長多瓜さ れ送出される。波長多瓜された光信号は光アンプで増幅 光アンプで増幅されて、伝送路に送出される。伝送路の **分校日を16ps/nm/kmで、80kmで(光アン** ンと呼ぶ)、 4スパン (送信局と受信局の関にノードが である。また、途中に入れられるノードとしての分散補 / E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償 【0167】以下に、具体的に説明する。OADMシス 変換するE/O装置が散けられ、これらによって生成さ され、分散補償手段によって分散が補償されてから再び プ問やOADM装置間等ノード間の伝送路のことをスパ 3つ入っている構成を示す。同図の場合、ノードとして 2つの光アンプと分散補償手段の組み合わせ2つとOA DM/一ドが1つ入れられている。)の場合、送信即の **慣手段の分散補質量は例えば−1200ps/nmであ 長多重された光伯号を分波するデマルチプレクサDMU** Xと、分故された故長の光倡号を電気信号に変換するO 手段の補償量は例えば-1200ps/nmである。こ のとき、受信部でのトレランスは±200ps/nmと 送信前は、各電気信号を改長 11~1 nまでの光信号に る。受信部は、光アンプに挟まれた分散補償手段と、波 手段、OADMノードが接続された構成となっている。

[0168] このように、各分散補償手段の分散盘を散 定してやると80kmを4スパン伝送する被長分割多重 システムにおいては、最適な分散補償をすることができ る。同図(b)は、分散補償手段を構成する場合の光ア ンプとの組み合わせの変形例を示した図である。

プを散ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光信 【0169】 同図(b)上段は分散補償手段が非線形効 る。先ず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補 予定のフベケサや光信与のフベケや均値する前段光アン 貨手段内で非線形効果が超こらないようにするために、 果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成であ

特国平11-289296

(22)

って、例えば80km伝送し、次の光中雄器まで光信号 号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散 **補質手段から出力された光信号は、後段の光アンプによ** を送信するのに必要なレベルまで増幅される。

分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通過 した後の光信号のレベルがあまり小さくなっていないの で、後から光アンプで均幅してもSN比をあまり悪くす 【0170】同図(b)中段は分散補償手段のロスが小 は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が **拡散されてから、光アンプで増幅される。この場合は、** さい場合に可能な構成である。伝送されてきた光信号 ることない。

ファイバグレーティングを使ったもののように非線形効 [0171] 一方、同図 (b) 下段は、分散補償手段が 果をあまり示さない場合に可能な構成である。この場合 には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に い信号となるが、分散補償手段が非敏形効果をあまり示 さないので、非線形効果による波形劣化を招く恐れがほ とんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能 である。このとき、分散補償手段のロスが大きくても先 に光アンプで均幅しているので、分散補償器を通過した 入力している。光アンプで光伯号は非常にパワーの大き 後でも十分なSN比を維粹することができる。 ន

を使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロ て使用する場合には、同図(b)の上段の構成を使用す り大きいと非線形効果を示すので、入力する前には、所 定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後 再び強くまで伝送するために光パワーを挙げてやる必要 がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段とし [0172] 分牧補償手段としては、分牧補償ファイバ スが大きく、しかも入力する光信号のレベルが所定値よ るのが好ましい。

プされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部 [0173] 図31は、OADM装配部分の分散補償の ための構成を示す図である。OADM装置では、ドロッ に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるよう に分散補償器を配置し、トリピュータリ局に送倡するよ うにする。一方、アドされる光信号に対しては、やは

り、トリピュータリ周からOADM装配を通って受信部 に送信される光信号は、図30の送信部から受信部に送 国される光信号と同様の分散補償が受けられるように構 \$

た光信号は、図30の伝送路中に散けられる分散補償手 [0174] 同図 (a) では、送信頃から伝送されてき 段の分散補償量と同じ-1200ps/nmの植質量を 有する分散補償手段によって分散補償され、OADM装 型に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がな かったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップ される光信号も-1200ps/nmの補償を受けて、

ドロップされトリピュータリ局に送信されるので、トリ

22

覇を意図的に施す方法)、プリテャープと上配分散補償

受信部にスルーして受信される光信号と同じ分散補償を 受けることができる。一方、アドされる光信号は、アド 局からそのまま送出された光信号は、アドポート側の分 になる。アドされた後は、他の光信号と同じように分散 ビュータリ局で受信されるときは、図30の送信部から る分散補償手段が設けられる。従って、トリビュータリ 補償されるので、トリビュータリ局からアドされる光信 ら受信部にスルーして送信される光信号と同様の分散補 ポート側に、図30では、送信器に設けられていたー7 00ps/n mの補償盘を有する分散補償手段に対応す 散補償手段によって、図30の送信部でうける補償に対 号も、受信側に送信されるときには、図30の送信部か 応する分散補償を受けてOADM装置でアドされること 償を受けて伝送される。

ドは光カプラ等で行うという構成をしており、図5~図 である。OADM装置の中には、光信号をドロップする 【0175】このように、OADM装置をスルーする光 信号も、アド・ドロップされる光信号もそれぞれの臨局 に伝送される間に同じような仕方で分散補償されるよう ためのAOTF等の分岐回路と、光信号をアドするため OADM装置の前段には、補償量-1200ps/nm 【0176】 同図 (b) は、OADM装置の別の構成例 の光カプラ、AOTF、あるいは合波器等の挿入回路と ドロップされる光信号も、図30の送信部から受信部に の分散補償手段が散けられており、アド側には、-70 (b) の構成は、AOTFをドロップ専用に使用し、ア に分散補償手段をネットワークに組み込むようにする。 が散けられている、同図(a)で述べたように、アド・ スルーする光信号と同じように分散補償をするために、 12に示したOADM装置の具体的構成に対応してい Ops/nmの分散補償手段が設けられている。同図

A D M装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償 手段の構成例を示す図である。送信部、受信部及びOA DM装置のアド側、ドロップ側は、伝送路の経時劣化や 破損回復による割入れ等により補償量を調整できること が好ましい。そこで、分散補償手段を補償量の可変な構 【0178】図32 (a) は、1~nの補償量の異なる 分散補償手段(例えば、分散補償ファイバ)を設け、入 って出力されることになり、最適な分散補償手段を選択 力された光信号を光カプラで等しく分岐し、光スイッチ を各分散補償手段毎に設けておいて、いずれかの分散補 償手段を選択するようにする。従って、光信号は、1~ nの異なる補償量を有する分散補償手段のいずれかを通 することにより、伝送路の伝送特性の変化に対応するこ 成とすることが有力である。 とができるようになる。

2 有する分散補償手段を設けると共に、出力側に1×n光 【0179】図32 (b) は、1~nの異なる補償量を

散補償手段それぞれに光スイッチを設ける必要がなくな る。入力された光信号は、光カプラで分岐され、全ての ×n光スイッチで、最適に分散補償された光信号を選択 スイッチを設けている。このようにすれば、1~nの分 分散補償手段に等しく入力され、分散補償されるが、1 して出力するようになっている。

チを散け、1~nの分散補償手段のいずれか1つ、最適 力するように構成されている。1×n光スイッチで光路 が選択された光信号は、対応する分散補償手段を通過し 【0180】図33 (a) は、入力側に1×n光スイッ に分散補償することのできる分散補償手段に光倡号を入 て、光カプラを介して出力される。

【0181】図33(b)は、光カプラを使用する代わ 1~nのいずれかの分散補償手段に入力される。出力側 の1×nスイッチは、光信号が入力された分散補償手段 りに1×n光スイッチを使用する構成例を示している。 入力した光信号は1×n光スイッチで光路が決定され、 からの光信号を通過させるように光路をスイッチング し、光信号を出力させる。

信号のパワーの減少を少なくすることができる。 すなわ まうのでパワーは、分割数分の1となってしまう。しか [0182] 図33の構成は、図32の構成に比べ、光 ち、図32では、入力された光信号は、実際に分散補償 手段に入力されるか否かに限らず、等しく分割されてし し、図33の構成では、入力した光信号は1×nスイッ チにより、1~nのいずれかの分散補償手段に全てのパ ワーが送られることになるので、実際には使用されない 光路に光信号のパワーを分割して送出してしまうことが

[0183] 図34~37は、分散補償するための構成 じ、あるいは、異なる分散補償ファイバ等の分散補償手 段を直列に接続し、分散補償手段を複数通過させること により、光信号の分散補償を最適化してやろうというも のである。入力した光倡号は、分散補償手段を通過する の変形例を示した図である。図34は、光スイッチまた が、分散補償手段の後段に設けられた光スイッチ341 により、光路が変えられ、光スイッチまたは光カプラ3 40~と送られ、出力される。どの光スイッチで光路が 切りかえられるかにより、通過する分散補償手段の数が は、光カプラ340を使用した例であり、補償量が同 異なるので、補償される分散の最も異なってくる。

[0177] 図32、33は、送信部、受信部、及びO

【0184】図35は、迂回路を作って、光信号が通過 入力した光信号は、光スイッチ350によって次段の分 の次段の分散補償手段を光信号に通過させるか否かが決 定できるようになっている。同図の構成の場合には、迂 回路が形成されているため、後段に設けられている分散 は、光スイッチ350が散けられており、各光スイッチ 直列に接続されている分散補償手段のそれぞれの前段に する分散補償手段の数や種類を変えてやる構成である。 散補償手段を迂回するか通過するかが切り換えられる。

捕償手段に光信号を通過させるのに、前段の分散補償手

段を通過させる必要がないので、分散補償手段によって 【0185】図36は、図34の変形例である。各分散 輔償手段の後段には、光カプラ362が散けられてお 幅質する分散補償量の大小をより自由に設定できる。

により、最も良く分散補償された光信号を光スイッチま り、光信号が分岐されるようになっている。この構成に よれば、同構成で可能な分散補償量の種類を受けた全て の光信号が、それぞれの光スイッチ360まで送られて きており、光スイッチ360の内1つを開いてやること たは光カプラ361に送ることができる。光スイッチま 光カプラ361に送られるか否かに関わらず、光カプラ たは光カプラ361からは、このようにして選択された る。ただし、この構成では、光信号が光スイッチまたは 手段に入力される光信号ほどパワーが小さくなってしま 362によって分岐されてしまうので、後段の分散補償 最も良く分散補償された光信号を送出することができ うという性質がある。

各分散補償手段の後段には光カプラ370が散けられて おり、各分散補償手段によって分散補償された光信号が な分散補償を受けた光倡号のうち最も良く分散補償され は、分散補償手段を順次通過するうちに、その後段の光 カプラ370で分岐されてしまうことにより、パワーが 光スイッチ371に入力される。光スイッチはさまざま [0186] 図37は、図36の更なる変形例である。 た光信号を選択して出力する。この場合にも、光信号 小さくなってしまうという性質を持っている。

[0187] 図38、39は、分散補償と改形劣化特性 8 改多重した場合において、80 kmを4スパン伝送し たときの波形劣化を示している。伝送路(シングルモー ドファイバ; SMF) への入力光パワーは1チャネル当 たり平均で+10dBm、送信局側でαパラメータ=-1のブリチャープを行っており、送倡局では分散補償フ ァイバを使用せず、中継器と受信局で同じ大きさの分散 についてがした図である。図38は、10Gbpsで、 補償量を持つ分散補償ファイバで分散補償している。

号のオンノオフパターンの時間方向のずれの量など、光 **信号の位相方向の劣化量を表すものであり、100%に** [0188] 1S1劣化とは符号間干渉による劣化量の ことであり、信号の振幅方向の劣化を表している。18 1 劣化は、0 %に近いほど良い。位相マージンは、光信 近いほうが良い。

る上で有利になる。

ネルに対してもほぼ1150~1300ps/nm/u [0189] 今、光信号の劣化量の許容範囲を151劣 化が10%、位相マージンが70%であるとする。同図 の上から突出しているグラフの151劣化が10%であ とが分かる。一方、同図の下から突出しているグラフの 位相マージンが70%である部分の幅が、いずれのチャ る部分で持つ幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ1 000~1200ps/nm/nn;tの範囲にあるこ

nitの範囲であることが分かる。

(54)

特開平11-289296

... September 1985 September 1985

2

【0190】上記両者の範囲の重なった部分が、分散補 貸量のトレランスである。このトレランスが広いほうが 図39は、図38の条件において、送信局で受信局と同 分散補償量の2倍の分散を行っている。また、送信局で じ量の分散補償をしており、中継器は送信局や受信局の は、送信局でαパラメータ=+1のプリチャープを行っ 良いのであるが、同図では、非常に狭いことが分かる。

いが、送信側で分散補償を行うとともに、αパラメータ が正のプリチャープを行うことによって、分散トレラン 【0191】同図ではトレランスの広がりがわかりにく スを広くすることができる。 2

ている。

【0192】これをわかりやすく示したのが図40であ る。図40は、位相マージンが70%以上である場合の 分散トレランスを示した図である。

送信側でαパラメータ=-1のプリチャープを行った場 合を示す。同図は、10Gbpsの伝送速度で、16被 グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限 [0193] 同図 (a) は、送信側でαパラメータ=+ 1 のプリチャープを行った場合を示し、同図 (b) は、 故長多重し、4スパン伝送したものである。同図では、 が示されており、グラフの下方に下限が示されている。 この上限と下限の間が分散トレランスである。同図

合には、上限と下限がほとんどくっついてしまい、トレ し、同図 (a) のように、送信側で正のプリチャープを (b) のように、送信側で負のプリチャープを行った場 行った場合には、上限と下限に幅があり、分散トレラン スが大きく取れることが分かる。分散トレランスが大き いということは、中継器 (インラインアンプ) の分散補 償量を一定に保っていても、伝送路のスパンの長さの変 化によらず同じ伝送特性で光信号を伝送することができ ることを示している。これは、光信号の分岐、挿入や倭 光信号の感じる光路長が長くなってしまったりした場合 復時の割入れ等によって、伝送路のスパン長が変わって しまったり、伝送路劣化により伝送路の長さは同じでも にもインラインアンプの分散補償量を変えずに済む許容 量が大きいということであり、実際のシステムを構築す ランスがほとんどないことが示されている。これに対

ション)の構成例を説明する。図41は、2ファイバB クを構築する際に必要とされる冗長構成(パスプロテク 【0194】以下に、OADM装置を使ってネットワー LSRのOADMノードの構成を示した図である。

ヤネルの半分を現用 (Work) 、残り半分を予備 (Protec システムを前提に説明する。BLSRでは、2ファイバ で上り伝送路と下り伝送路の冗長化を行うため、彼長チ の通信には、波長11~116を現用として使用し、東 【0195】同図では、32波を多重する故長分割多重 tion)として使用する。例えば、同図では、西から東へ 22

から西への通信には、被長117~132を現用として

する場合には、1×2カプラ419から光ループパック 【0196】正常時は、西から来た光信号は、1×2カ **数投え1~λ16までを現用として使用している波長A** dd/Drop部412に入力される。被長Add/D rop 節412から出力される光信号は、光ループパッ に入力される。故長Add/Drop餠417では、故 を通って、西側に送出される。なお、波長11~116 クスイッチ413を通って1×2カプラ414を介して **伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信** スイッチ418を介して改及A d d / D r o p 部417 段117~132を現用として使用している。 被長Ad d/Drop部417から送出される光信号は、光ルー プパックスイッチ416を介して、1×2カプラ415 と改長117~132は、それぞれ同じ情報を常に運ん プラ410から光ループパックスイッチ411を通り、

ル切断が起こり、西砌へ光偖号を送偖できない、あるい 20 は、西側から光信号を受信できなくなったとすると、東 [0197] ここで、図42に示すように西側にケーブ 関から送られてくる波長 11~116の予信回線が被畏 放長117~132の現用回線が被長Add/Drop 節417の現用装置により処理されるようになる。すな わち、東側から送られてきた光信号は、1×2カプラ4 光ループパックスイッチ411は、西側からのパスを切 断し、1×2カプラ419からの光伯号を被長Add/ Drop削412は、故長11~116の光信号を現用 の被倒で処理し、光ループパックスイッチ413と1× 2カプラ414を介して東図へ送出する。1×2カプラ ッチ418を介して故及Add/Drop 部417に入 て、出力する。被長Add/Drop師417から出力 が切り換えられ、1×2カプラ414から東回へ送出さ Drop即412に送信するようにする。故長Add/ された光信号は、光ループパックスイッチ416で光路 419からのもう一方の光信号は、光ループパックスイ A d d / D r o p 都 4 1 2 の現用装置により処理され、 に、光ループパックスイッチ411にも送られている。 19で光ループパックスイッチ418に送られると共 力され、被長117~132までを現用装置で処理し

[0198] 図43に示すように、東個にケーブル切断 が生じた場合は、上配説明と同じであって、ただし、光 ループパックスイッチ418が上記説明の光ループパッ クスイッチ411の動作をし、光ループパックスイッチ 413が上記説明の光ループバックスイッチ416の動

畏Add∕Drop部417では、現用と予備を入れ換 12で現用として使う故長と予備として使う故長とを故 [0199] 同図のように、改長Add/Drop部4

えて使用することにより、ケーブル切断が生じて、光信 **导の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換** を行う必要がなくなる。従って、装配の構成を簡単化で き、コストの低域に寄与するところが大きい。

【0200】同図のような装置構成は、BLSR (Bidi うに、リング状のネットワーク(図44、45╋照)に rectional Line Switch Ring)という名前が示すよ おいた採用される。

したOADM/ードと同一の状態にある。図45はOA 示す。OADM/ードA、B、C、Dは図41にて説明 DMノードAの西側で光ケーブル断が生じた場合のリン グネットワークの構成を示す図である。この場合OAD MノードAでは、図42のようにループパックスイッチ 411、416が切り替わる。また、OADM/ードD 【0201】図44は、正常時のリングネットワークを では、図43に示すようにループバックスイッチ41 3、418が切り替わる。 [0202] 図46は、4ファイバBLSRのOADM ノードの構成を示す図である。4ファイバBLSRにお が散けられ、東側から西側へ向かう回線には、現用の故 り、例えば、32故のチャネルを現用と予備に分ける必 要はなく、32故すべてを現用として使用することがで 西側から東側へ向かう回線には、現用の被長Add/D op 節432が設けられている。また、4ファイバBL rop部423と予備の液長Add/Drop部424 段Add/Drop問431と予備の被股Add/Dr いては、波長Add/Drop部も2瓜化されており、 SRにおいては、伝送路も現用と予備が散けられてお ずる

号は、それぞれ現用の波長Add/Drop部423あ 【0203】1+1プロテクションにおいては、現用伝 助作では、西回から入力された光信号は、光ループパッ ションスイッチ425に入力する。光1+1プロテクシ ョンスイッチ425では、現用回線と予備回線の切り替 えを行う。一般に、現用の故長Add/Drop 部42 れ、処理された後、光1+1プロテクションスイッチ4 光信号は、光ループパックスイッチ420、421を介 送路と予備伝送路に常に同じ僧報が流されている。通常 クスイッチ426、427を涵過し、光1+1プロテク 3には、SN比の良い回線の光储号が入力される。光1 +1プロテクションスイッチ425から出力された光信 22に入力される。光1+1プロテクションスイッチ4 22では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された るいは予備の放長Add/Drop部424に入力さ して
東
回
く
法
出
な
れ
る
。 8 40

d/Drop部431及び予備放長Add/Drop部 432に入力されて、処理される。現用及び予備の波長 【0204】 東側から西側へ送られる光佰号は、光ルー プパックスイッチ434、435及び光1+1プロテク ションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長Ad

Add/Drop部431、432から出力された光信

导は、光1+1プロテクションスイッチ430、光ルー プパックスイッチ428、429を介して西側へ送出さ 【0205】図46のOADM/ードによりリングネッ

トワークを構成した場合の例を図47に示す。図46の ードの西回のケーブルがすべて切断などにより使用や きなくなった場合には、このノードで折り返し転送が行 われる。東側の現用回線から入力した光信号は、そのま ープパックスイッチ428に入力されるが、西側へは送 ロテクションスイッチ425を介して現用の被長Add 現用の波長Add/Drop郜431から出力された光 間号は、光1+1プロテクションスイッチを介して光ル 予備回線を使って東側へ送信される。一方、東側の予備 回線から入力された光信号は、西側のケーブル切断等に スイッチ426は、転送されてきた光信号を光1+1プ /Drop部423に入力する。この光信号が現用の故 展Add/Drop問423から出力されると、光1+ より、光ループバックスイッチ435によって、光ルー プパックスイッチ426に転送される。 光ループパック 1プロテクションスイッチ422、光ループスックスイ ま現用の波長Add/Drop部431に入力される。 信されず、光ループパックスイッチ421~転送され、 ッチ420を介して東個へ現用回線を使って送信され [0206] 図48のOADMノードAの動作が以上の 420が、光ループパックスイッチ435と426の劇 **説明に対応する。 東側のケーブルがすべて使えなくなっ** パックスイッチ 4280 慰作を光ループスックスイッチ た場合は、上記説明と同様であって、ただし、光ループ 作を光ループパックスイッチ427と434が行う。

[0207] 図48のOADM/ードDの動作が以上の

に、現用の波長Add/Drop匍423が故障し、西 きは、東側の現用回線から入力された光信号は、現用の 故長A d d ∕ D r o p 部 4 3 1 を介して光 1 + 1 プロテ パックスイッチ420に送られ、現用回線を使って、東 説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の故長 Add/Drop部の故障と伝送路の切断が同時に起き ても対応することができる。例えば、図49に示すよう **側へ向かう現用回線が同時に切断されたとする。このと** れ、光ループパックスイッチ429を介して西側へ送出 は、光1+1プロテクションスイッチ425で予備の故 長Add/Drop断424に送られる。予備の故長A d d/Drop 部424から送出された光信号は、光1 +1 プロテクションスイッチ422によって、光ルーブ クションスイッチ430でパスが予備回に切り換えら される。一方、西側の現用回線から入力された光信号

ಜ なった、あるいは、現用の被長Add/Drop部が使 [0208] このように、伝送路の現用回線が使えなく

特別平11-289296 えなくなった場合には、光1+1プロテクションスイッ チ430が現用と予備を切り替えて障害を克服する。

(36)

である。同図の構成では、現用回線の東側から入力した ープパックスイッチ442を介して現用故長Add/D r o p 部のうち、被長117~132を扱う(被長多肚 で、BD-WDMカプラとは、Bi-Directional-WDM カプラという意味である。装置444から出力された光 信号は光ループパックスイッチ446を介してBD-W DMカプラ447に入力され、現用回線を使用して西側 に送出される。一方、現用回線を介して西側から入力し た故長11~116の光信号は、光ループパックスイッ 443から出力される光信号は、光ループパックスイッ 【0209】 図50は、1つのファイパで両方向伝送を **庁うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成** 光倡号は、BD-WDMカプラ440で分岐され、光ル 改長11~116を扱う装置443に入力される。装置 ゲ441を介してBD-WDMカプラ440で西向きの 数を32と仮定している)装置444に入力する。こ チ445を介して現用の波長Add/Drop部の内、 光信号と合波されて現用回線を東向きに伝送される。 ន

[0210] このように、1つのファイベや両方位伝送 を行う場合は、互いに逆方向に伝播する光信号の干渉が 116とし、 東から西に向かう信号を被扱117~13 例えば、同図では、西から取へ向かう信号を改長11~ 大きくならないように、異なる被畏を使うようにする。

[0211] 通常時における予備関の動作は、現用側の 32であり、東から西へ向かう光信号の波長は11~1 すなわち、西から取へ向かう光信号の波長は217~2 動作と同じであるが、使用される改長が異なっている。 16となっている。

予備回線を使って、BD-WDMカプラ448に入力さ ドの西側の伝送路が現用も予備も使用できなくなったと する。すると、故長11~116の光信号は、東側から た、光パープパックスイッチ450各分した光ループパ Drop部の波段 1 - 1 6 を処理する装置 4 3 に ックスイッチ445に転送される。光ループパックスイ 入力する。装置443から出力された光俏号は、光ルー プパックスイッチ441を介してBD-WDMカプラ4 [0212] ここで、図51に示すようにOADM/ー ッチ445は、転送された光信号を現用の故長Addノ 40に入力され、東側へ現用回線を使用して伝送され 9

【0213】一方、東側から現用回線を使ってBD-W DMカプラ440に入力した、改長117~132まで の光信号は、光ループパックスイッチ442を介して装 された光信号は、光ループパックスイッチ446で、光 ループパックスイッチ449に転送され、BD-WDM **閏444に入力され、処理される。装留444から出力** カプラ448を介して、予備回線を使って東側へ送出さ

[0214] また、図52に示すようにOADMノード の東側の伝送路が現用、予備共に使えなくなった場合に は、上記と動作は同じであるが、光ループバックスイッ い、光ループパックスイッチ446と449の動作を光 チ450の動作を光ループバックスイッチ453が行 ループバックスイッチ441と453が行う。

た、図54は、OADMノードAの西側でケーブル断が [0215] 図53は、図50のOADM/一ドを用い ードAでは、図51と同様にループバックスイッチ44 ードDでは図52と同様に、ループバックスイッチ44 生じた場合の例を示す図である。この場合、OADMノ 5、446、449、450が助作し、またOADM/ てリングネットワークを構成した場合の図である。ま 1、442、453、454が助作する。

1~132の光信号は、北米SONET OC-192 又はOC-48、OC-12等に対応したフレーム構成 [0216] なお、図41~図53において説明した1

8 [0217] 図55は、光1+1プロテクションスイッ 1プロテクションスイッチによって冗長化がなされてい るが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合 チの構成例を示した図である。OADMノードは光1+ には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテク ションスイッチそのものも冗長化しておくのが好まし

チ462~465を通過した光信号は、2×1カプラ4 [0218] 入力側から入力された光信号は、2×1カ トスイッチ462~465に入力される。ゲートスイッ プラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲー 66、467から出力側に出力される。2×1カプラ4 て、光信号を送り出すようにする。また、2×1カプラ 460、461のいずれか一方が故障した場合には、ゲ 3、465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉 66と467の内、いずれかが故障した場合には、ゲー トスイッチ462、463か、ゲートスイッチ464、 465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉じ **ートスイッチ462、464か、ゲートスイッチ46** じて、光信号を送出するようにする。

[0219] このように、ゲートスイッチ462~46 5を切り替えることによって、2×1カプラ460、4 61、466、467のいずれかが故障しても対応する ことができる。

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をど ンプ410-1~410-4が散けられ、これら光アン ブ470-1~470-4を所定数中継した後再生器4 る。同図 (a) に示されるように、光伝送路には、光ア のように挿入するかに関する考え方を説明する図であ

【0221】 同図 (b) には、光アンプ470-1~4 7.1 で光信号の再生を行う。

70-4を中継される関の光信号のレベルの変化とSN 4 でそれぞれ増幅され、伝送路を伝播するに従って減衰 が積み重ねられていくので、SN比は徐々に悪化してい 光の劣化の様子を示している。同図(b)に示されるよ を配置しておけばよい。しかし、同図 (b) のSN比の グラフに示されるように、光アンプでは、光信号にAS うに、光信号のレベルは光アンプ470-1~470-するということを繰り返している。従って、光信号のレ ベルのみに着目すれば、伝送路に適当な間隔で光アンプ E (Amplified Spontaneous Emission) というノイズ く。SN比の劣化は、劣化すればするほど悪化の仕方か 小さくなっていくが、そのような状態になると光信号の 情報を正確に読み取ることができなくなってしまう。従 って、SN比が悪くなりきらない内に、再生器471を 7.1 は、受信した故長多重された光信号を各波長に分故 って電気信号を生成し、この電気信号で光送信器OSで 使って光信号の再生を行わなくてはならない。 再生器4 し、各故長毎に光受信器ORで光受信し、3R処理を行 光信号に変換して送出する。各波長毎に再生された光信 号は互いに合波されて波長多重光信号として伝送路に再 び送出される。

直線型のネットワークでは、所定数の光アンプを通過し が、リングネットワークであって、しかも冗長化がなさ れている場合には、予備のパスが使用された場合におい 予備のパスを使用した場合には上手く行かない場合が生 ても、所定数の光アンプを通過したら再生器を散けるよ じる。従って、5つの以下の光アンプ、例えば、3つを 早めに光信号を再生することになり、また、高価で構成 の複雑な再生器をより多くネットワークに組み込むこと になるが、これは、ネットワークのパフォーマンスとコ うに、再生器の配置を最適化する必要がある。一般に、 5つ光アンプを通過した後、再生器を入れるとすると、 [0222] このような再生器471を設ける方法は、 たら、そこに再生器471を散けるようにすればよい 通過したら再生器を入れるようにする。これによれば、 ストを鑑みて最適化されるべきものである。 [0223]

【発明の効果】本発明によれば、回路構成が簡単で、安 価な任意故長型OADM装置及びシステムを構築するこ とができる。

(図面の簡単な説明)

【図1】AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を 示す図である。 [図2] 実際のAOTFを使用してOADM装置を構成 [図3] AOTFを使ったプロードキャスト対応のOA する場合の基本的構成例のブロック図である。

【図4】OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構 DM装置の構成例を示すプロック図である。 **式を示す原理的図である。** 【図5】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成

20

(28)

の第1の例を示す図 (その1) である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成 **の第1の例を示す図 (その2) である。**

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成 の第2の例を示す図 (その1) である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成 の第2の例を示す図(その2)である。

【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の 第3の例を示す図 (その1) である。

[図10] AOTFを使ったOADM装置の具体的構成 の第3の例を示す図(その2)である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成

[図12] AOTFを使ったOADM装置の具体的構成 の第4の例を示す図(その1)である。 の第4の例を示す図(その2)である。 【図13】アド光信号を生成するための光を供給するた めに使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する 【図14】OADM装置におけるドロップ用AOTFの

【図15】OADM装置におけるドロップ用AOTFの 前御方法を説明する図 (その1) である。 制御方法を説明する図 (その2) である。

【図16】OADM装置におけるドロップ用AOTFの 【図17】OADM装置におけるドロップ用AOTFの 別御方法を説明する図 (その3) である。

[図18] OADM装置におけるドロップ用AOTFの 前御方法を説明する図(その4)である。 削御方法を説明する図(その5)である。

[図19] OADM装置におけるドロップ用AOTFの 【図20】OADM装置におけるドロップ用AOTFの ||御方法を説明する図(その6)である。

[図22] 図21のAOTFの透過特性を示した図であ [図21] AOTFの構成を示す図である。 制御方法を説明する図 (その7) である。

[図23] 図21のAOTFを3段モノリシックに基板 上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の 故長選択特性である。

\$ [図24] AOTFの温度依存性に対する対応技術を説 男する図である。

【図26】 3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺 【図25】 共振器の温度依存性を示す図である。 らぎ防止対策を説明する図(その1)である。

【図27】 3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺 [図28] AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例 らぎ防止対策を説明する図(その2)である。

[図29] AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の 別を示す図である。 【図30】OADM装置を含むOADMシステムのシス 50

テム設計を説明する図である。

特開平11-289296

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を **テす図である。**

関、ドロップ側に散けられる分散補償手段の構成例を示 関、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示 [図32] 送信部、受信部、及びOADM装置のアド 【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド す図 (その1) である。

[図34] 分散補償するための構成の変形例を示した図 す図 (その2) である。 (その1) である。 01

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図 [図36] 分散補償するための構成の変形例を示した図 (その2) である。

[図37] 分散補償するための構成の変形例を示した図 (その3) である。

[図38] 分散補償と波形劣化特性について示した図 (その4) である。

【図39】分散補償と波形劣化特性について示した図 (その1) である。

8

[図40] 位相マージンが70%以上である場合の分散 (その2) である。

トレランスを示した図である。

[図41] 2ファイバBLSRのOADM/ードの構成 を示した図である。

[図42] 2ファイバBLSRのOADMノードのプロ [図43] 2ファイバBLSRのOADMノードのプロ テクションパスを説明する図(その1)である。

[図44] OADMノードを備えた2ファイバBLSR ネットワークの正常時の構成を説明する図である。 テクションパスを説明する図 (その2) である。

[図45] OADMノードを備えた2ファイバBLSR ネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図で [図46] 4ファイバBLSRのOADMノードの構成 を示す図である。

[図47] OADMノードを備えた4ファイバBLSR [図48] OADMノードを備えた4ファイバBLSR ネットワークの正常時の構成を説明する図である。

[図49] OADMノードを備えた4ファイバBLSR ネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を

ネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図で

【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステム における2ファイバBLSRのノード構成である。 説明する図である。

[図51] 2ファイバBLSRネットワークに双方向O ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説 明する図 (その1) である。

[図52] 2ファイバBLSRネットワークに双方向O

(2	湖平11-289296	
22	99	,
ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを脱	135 外部変靱器	
列する図 (その2) である。	138 合政器	[図1]
[図53】双方向OADMノードを備えた2ファイバB	141 RF信号発振器	
. S R ネットワークの正常時の構成を説明する図であ	144、184 光受信器 AOTF € 用	AOTF E用ur OADM较質の基本的原理も共享図
•	183 10:1光カプラ	
[図54] 双方向OADMノードを備えた2ファイバB	185、198 フォトダイオード (PD)	[] [] [] [] [] [] [] [] [] []
. S R ネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明す	186、203 トラッキング回路	
る図である。	193 OADM被函制每CPU	Z Qerun
[図55] 光1+1プロテクションスイッチの構成倒を	204 1×4米×イッチ	ار ارا اج-
ドした図である。		 ¥ ≈
図56 光伝送路において、再生器をどのように挿入	241 周故数カウンタ	Si Si
	2.4.2 财助回路	***
図51 光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装	340、361 光スイッチまたは光カプラ	
1の構成の一例を示した図である。	341、350、360、371 光スイッチ 市	
你母の説明】	ې	- d
0, 13, 14, 31, 32, 42, 43, 140,	410, 414, 415, 419 1×2477	3
43, 180, 182, 196, 200 AOT	411, 413, 416, 418, 420, 421, 4	5 5 6 8
	26, 427, 428, 429, 434, 435, 44	
1, 12 8×1カプラ	1, 442, 445, 446, 449, 450, 45	47
5, 20, 21, 30, 34, 40, 45, 136, 20	20 3、454 光ループパックスイッチ	8 PI
37 光アンプ	412、417 OADM裝置	
6,50,197 (光)変顯器	422, 425, 430, 433 光1+1プロテ	
7 信気ADM	クションスイッチ	
8 8×8カプラ	423、431、443、444 OADM裝置	
9、139 レーザダイボード		2M
3, 35, 36, 41, 44, 46, 47, 142,	424、432、451、452 OADM城園	elda elda
81, 190, 191, 194, 195, 199, 2	(衛子)	
1 光カプラ	440, 447, 448, 455 BD-WDM#	
7、48、49 故長 週 択フィルタ (AOTF)	77	
0~63 1×2×イッチ 30	0 460, 461, 466, 467 2×1279	
30、202 レーザバンク	462~465 Y-1-7-4-7-	
3.1 分配器	470-1~470-4 光アンプ	
32 チューナブルフィルタ	471 再生器	
33、192 (光) スペクトルモニタ		

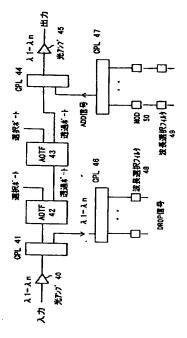
TTOA

特別平11-289296

(30)

[图14]

OADM教置にかけるドロップ用AOTF の 制配Pな送も説明する図 (4の1)



75-7 u A: 単代ボート 9 λ1-λn

(a)

80 30 ~ ~ сьг CPL 6=2414.VX7(11A / 8c C P **TOA ADTF**

渊平11-289296

[図2]

構成する場合の基本的構成例のブロック図

実際のAOTFを使用Lt OADM装置を

期平11-289296

(33)

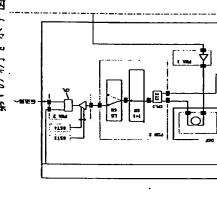
[図21]

冗長構成百六寸原理回

OADM卷置内のAOTF AU 伝送路の

[図4]





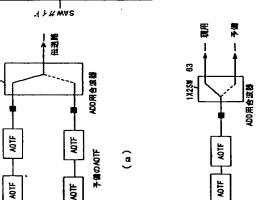
1X2S# 61

現用のAOTF

1X2SW 60

| 世紀

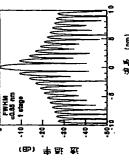
AOTF の構成 1 小子図

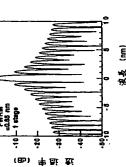


ADD用合页器 (P) 1X25W 62

馬

国SIの AOTFの透過特性を示した回 [図22]





AOTFを用ukOADM接置の具体的な構成の

6100

第2の例を示す図(その1) [図7]

期平11-289296

(32)

[図6]

AOTFを使用UtOADM装置の具体的構成の 第1の 例 5 示す図 (3の2)

付光存置 存1-円

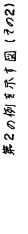
(6 ()

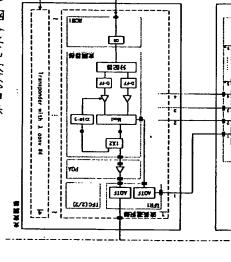
用平11-289296

(32)

[図8]

AOTFを用vkOADM後置の具体的な構成の



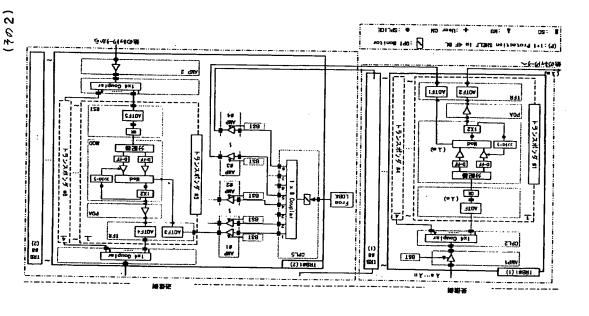


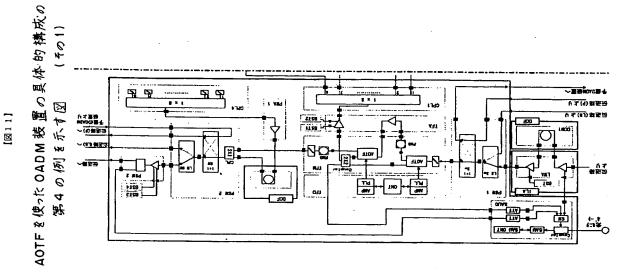
(a) senon 1 x 8 Coupler

TIS ULT -- (ULT)

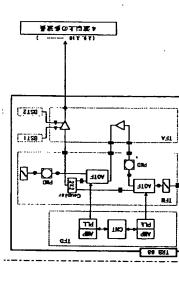
(33)

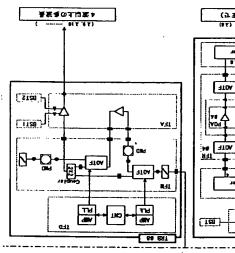
期平11-289296

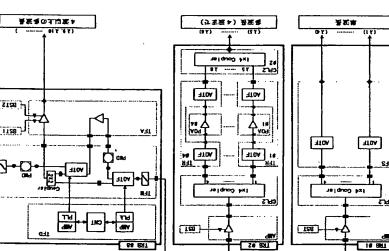












151 641-64 -64-47

使用されるレーザバンクの構成及が概念を説明する図 アド光信号な生成するための光を供給するために

'CCTA

SEI 器調変磁代

[図13]

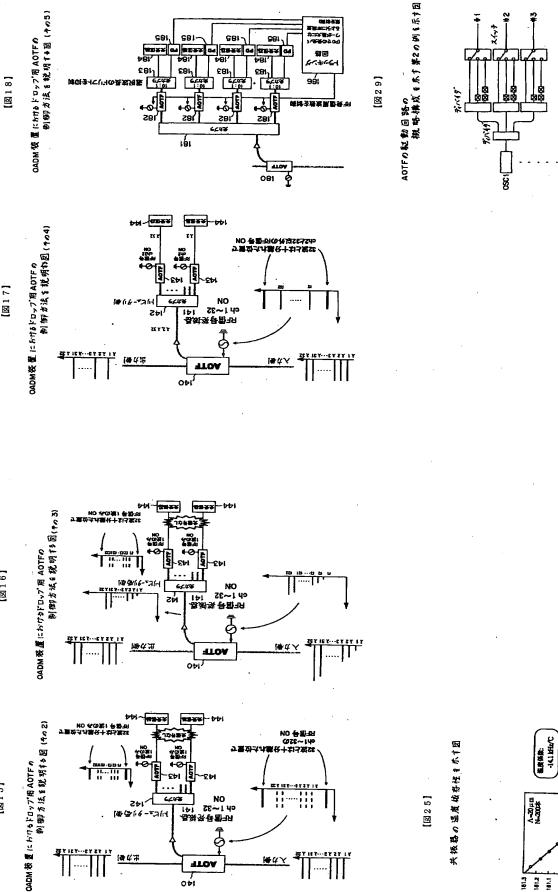
EE1 6:3416.VE υY : 138 4. 44-1-4. EΥ 75

前是宏孝基

[図17]

[図16]

[図15]



01

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

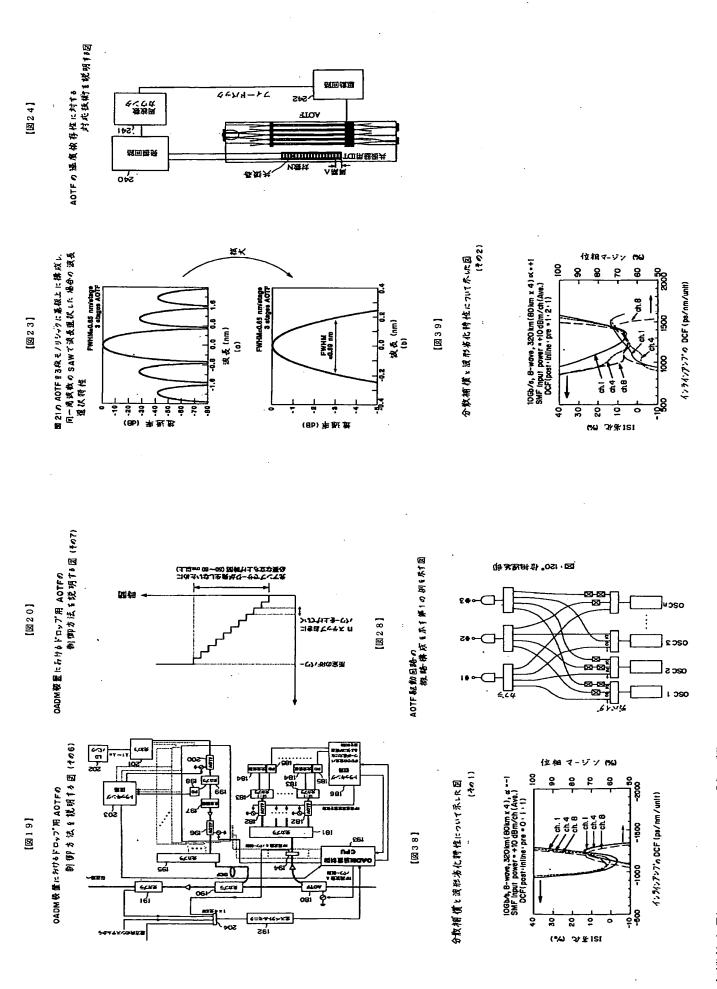
유 (원 당 당 당 몱

1813

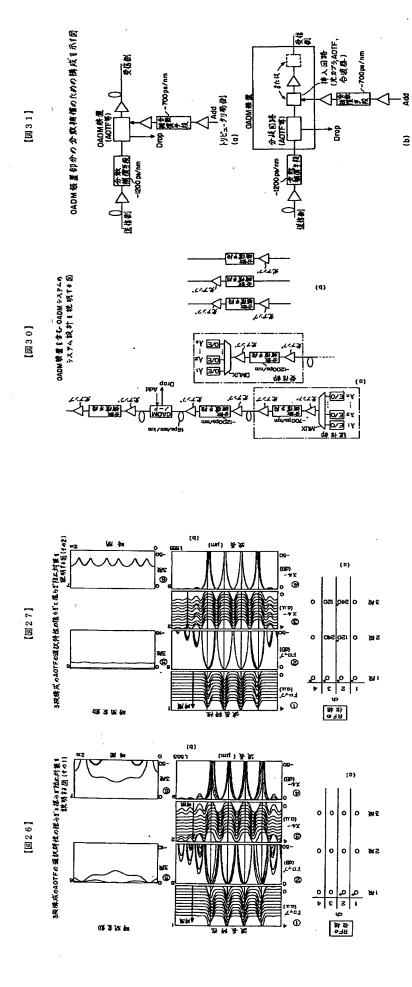
161.

(440) 0.03 180.8 180.8

120°位相近址却



多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.cojp/share/



[図35]

[図34]

分数補償すれかの構成の変形例もれた図

送信部、交信部、&い OADM 叛重の7ド側、 ドロップ側に扱けられる分散補償予役の構成側を

送信部、安佑部、 KC OADM校園の7片側、 ドロップ側に設けられる分数補(漢字段の構成例を

[図32]

赤(10(10))

[图33]

永1四(102)

(101)

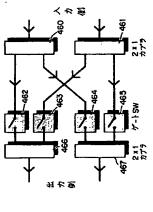
分散補償するなめの構成の変形例を示した図

1 類手面計場化

男手直替进代

[図55]

光1+1プロテクションスル・チの構成例の末に1日



(9) (P) 外表前 赫 娥 仓 £.C#

(P) (D) 外表別辦旗合

用平11-289296

分散構備すまなかの構成の変化例も示した図

分散補 慣すれめの構成の変化例を示い下図 (その3)

(404)

27r1パBLSRのOADM1-ドの構成も示いた図

WEST

OIF ELUS XI

[図41]

(P) (P)

インラインアンプのDCF (ps/nm/km)

2107

OADM被置 412

OUS 444X

(で) (で)

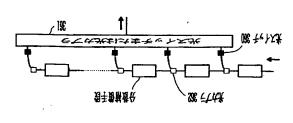
EAST

用平11-289296

(21)

[図36]

[四37]



夏丰 動林遊役

TS3W

dis

T2A3

[図42]

. 用平11-289296

(22)

OADM.1-F a 确定R 4 77-11/ BLSR 4-11-90 光ケ-ブル 断 棘 呼 の 構 成 8 説 明 1 + 図

OADM/-トを構えた47vイバBLSRのキットプクの/-トト障害・光ケ-7ルが検げの構成を提明する

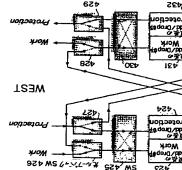
[图49]

OADM 1-F B 購入た4724/18LSR キットワークの正常時の構成を説明する図

[図47]

4771/1 BLSR DOADM /-ドの構成を示す図

[図46]



6ZÞ SEP 431 Add-Dropes Mork Add-Cropss Add-Cropss **TSA3** A SA Work

Work

Work

Mod/Drop 8

Protection

(학교 Arow (라qon() \pbA.

₹,८५,МДW - Q8

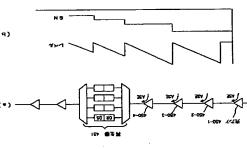
[図57]

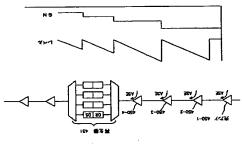
[図54]

双方GOADM1-ドオ構文た 27+1いBLSRネットワイの 光ケ-ブル 断株 時の構成 2 説明 1 8 図



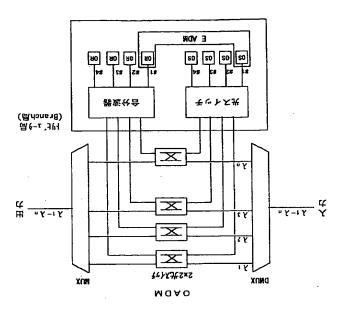
[図56]





A 4- \ MOAO





フロントページの統さ

鐵別記号 H04J 14/02 (51) Int. Cl. °

F

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 大塚 和惠 (72) 発明者

1号 富士通株式会社内 甲麥 雄高 (72) 発明者

(72)発明者 中沢 忠雄 (72) 発明者

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内 近間 輝美

> 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士通株式会社内

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/